



Universidad de San Carlos de Guatemala  
Facultad de Ingeniería  
Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial

**DISEÑO DE PRÁCTICAS DE LABORATORIO PARA LOS CURSOS DEL ÁREA DE  
PRODUCCIÓN DE LA ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA INDUSTRIAL, EN UNA LÍNEA  
DE PRODUCCIÓN DEL CENTRO DE INVESTIGACIONES DE INGENIERÍA, USAC**

**Ronald Estuardo Torres Ramírez**

Asesorado por la Inga. Norma Ileana Sarmiento Zeceña

Guatemala, abril de 2016



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**DISEÑO DE PRÁCTICAS DE LABORATORIO PARA LOS CURSOS DEL ÁREA DE PRODUCCIÓN DE LA ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA INDUSTRIAL, EN UNA LÍNEA DE PRODUCCIÓN DEL CENTRO DE INVESTIGACIONES DE INGENIERÍA, USAC**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
POR

**RONALD ESTUARDO TORRES RAMÍREZ**

ASESORADO POR LA INGA. NORMA ILEANA SARMIENTO ZECEÑA

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

**INGENIERO INDUSTRIAL**

GUATEMALA, ABRIL DE 2016



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
FACULTAD DE INGENIERÍA



**NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA**

|            |  |
|------------|--|
| DECANO     | Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco     |
| VOCAL I    | Ing. Angel Roberto Sic García          |
| VOCAL II   | Ing. Pablo Christian de León Rodríguez |
| VOCAL III  | Inga. Elvia Miriam Ruballos Samayoa    |
| VOCAL IV   | Br. Raúl Eduardo Ticún Córdova         |
| VOCAL V    | Br. Henry Fernando Duarte García       |
| SECRETARIA | Inga. Lesbia Magalí Herrera López      |

**TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO**

|             |                                      |
|-------------|--------------------------------------|
| DECANO      | Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco   |
| EXAMINADORA | Inga. Norma Ileana Sarmiento Zeceña  |
| EXAMINADORA | Inga. Sindy Massiel Godinez Bautista |
| EXAMINADOR  | Ing. César Ernesto Urquizú Rodas     |
| SECRETARIA  | Inga. Lesbia Magalí Herrera López    |



## **HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR**

En cumplimiento con los preceptos que establece la ley de la Universidad de San Carlos de Guatemala, presento a su consideración mi trabajo de graduación titulado:

**DISEÑO DE PRÁCTICAS DE LABORATORIO PARA LOS CURSOS DEL ÁREA DE PRODUCCIÓN DE LA ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA INDUSTRIAL, EN UNA LÍNEA DE PRODUCCIÓN DEL CENTRO DE INVESTIGACIONES DE INGENIERÍA, USAC**

Tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial, con fecha 23 de febrero de 2015.

**Ronald Estuardo Torres Ramírez**







Guatemala, 30 de octubre de 2015.  
REF.EPS.DOC.742.10.15.

Ingeniero  
Silvio José Rodríguez Serrano  
Director Unidad de EPS  
Facultad de Ingeniería  
Presente

Estimado Ing. Rodríguez Serrano:

Por este medio atentamente le informo que como Asesora-Supervisora de la Práctica del Ejercicio Profesional Supervisado, (E.P.S) del estudiante universitario de la Carrera de Ingeniería Industrial, **Ronald Estuardo Torres Ramírez**, Carné No. **200714990** procedí a revisar el informe final, cuyo título es: **DISEÑO DE PRÁCTICAS DE LABORATORIO PARA LOS CURSOS DEL ÁREA DE PRODUCCIÓN DE LA ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA INDUSTRIAL, EN UNA LÍNEA DE PRODUCCIÓN DEL CENTRO DE INVESTIGACIONES DE INGENIERÍA, USAC.**

En tal virtud, **LO DOY POR APROBADO**, solicitándole darle el trámite respectivo.

Sin otro particular, me es grato suscribirme.

Atentamente,

"Id y Enseñad a Todos"

Inga. Norma Ileana Sarmiento Zeceña de Serrano  
**Asesor-Supervisor de EPS**  
Área de Ingeniería Mecánica Industrial



NISZdS/ra



Guatemala, 30 de octubre de 2015.  
REF.EPS.D.584.10.15

Ingeniero  
César Ernesto Urquizú Rodas  
Director  
Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial  
Facultad de Ingeniería  
Presente

Estimado Ing. Urquizú Rodas:

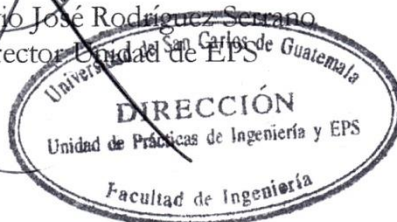
Por este medio atentamente le envío el informe final correspondiente a la práctica del Ejercicio Profesional Supervisado, (E.P.S) titulado **DISEÑO DE PRÁCTICAS DE LABORATORIO PARA LOS CURSOS DEL ÁREA DE PRODUCCIÓN DE LA ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA INDUSTRIAL, EN UNA LÍNEA DE PRODUCCIÓN DEL CENTRO DE INVESTIGACIONES DE INGENIERÍA, USAC**, que fue desarrollado por el estudiante universitario, **Ronald Estuardo Torres Ramírez** quien fue debidamente asesorado y supervisado por la Inga. Norma Ileana Sarmiento Zeceña de Serrano.

Por lo que habiendo cumplido con los objetivos y requisitos de ley del referido trabajo y existiendo la aprobación del mismo por parte de la Asesora-Supervisora de EPS, en mi calidad de Director, apruebo su contenido solicitándole darle el trámite respectivo.

Sin otro particular, me es grato suscribirme.

Atentamente,  
"Id y Enseñad a Todos"

Ing. Silvio José Rodríguez Serrano  
Director Unidad de EPS



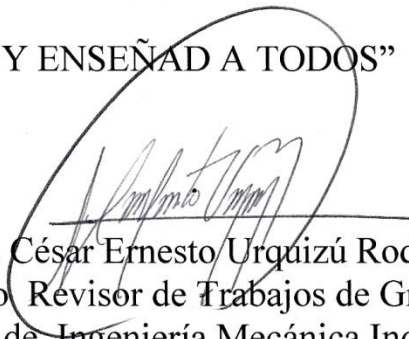
SJRS/ra



REF.REV.EMI.161.015

Como Catedrático Revisor del Trabajo de Graduación titulado **DISEÑO DE PRÁCTICAS DE LABORATORIO PARA LOS CURSOS DEL ÁREA DE PRODUCCIÓN DE LA ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA INDUSTRIAL, EN UNA LÍNEA DE PRODUCCIÓN DEL CENTRO DE INVESTIGACIONES DE INGENIERÍA, USAC**, presentado por el estudiante universitario **Ronald Estuardo Torres Ramírez**, apruebo el presente trabajo y recomiendo la autorización del mismo.

“ID Y ENSEÑAD A TODOS”

  
Ing. César Ernesto Urquizú Rodas  
Catedrático Revisor de Trabajos de Graduación  
Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial



Guatemala, octubre de 2015.

/mgp



REF.DIR.EMI.051.016

El Director de la Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer el dictamen del Asesor, el Visto Bueno del Revisor y la aprobación del Área de Lingüística del trabajo de graduación titulado **DISEÑO DE PRÁCTICAS DE LABORATORIO PARA LOS CURSOS DEL ÁREA DE PRODUCCIÓN DE LA ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA INDUSTRIAL, EN UNA LÍNEA DE PRODUCCIÓN DEL CENTRO DE INVESTIGACIONES DE INGENIERÍA, USAC**, presentado por el estudiante universitario **Ronald Estuardo Torres Ramírez**, aprueba el presente trabajo y solicita la autorización del mismo.

“ID Y ENSEÑAD A TODOS”

**Ing. Juan José Peralta Dardón**  
**DIRECTOR**

**Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial**



Guatemala, abril de 2016.

/mgp

Universidad de San Carlos  
De Guatemala

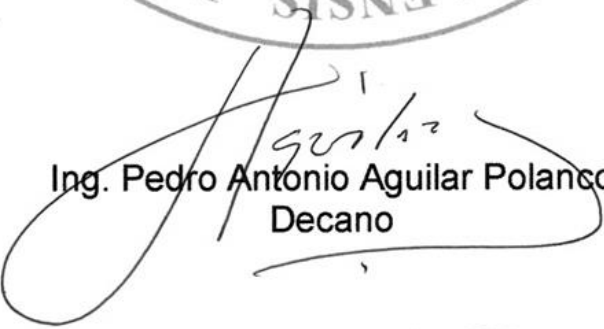


Facultad de Ingeniería  
Decanato

Ref. DTG.156-2016

El Decano de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer la aprobación por parte del Director de la Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial, al trabajo de graduación titulado: **DISEÑO DE PRÁCTICAS DE LABORATORIO PARA LOS CURSOS DEL ÁREA DE PRODUCCIÓN DE LA ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA INDUSTRIAL, EN UNA LÍNEA DE PRODUCCIÓN DEL CENTRO DE INVESTIGACIONES DE INGENIERÍA, USAC,** presentado por el estudiante universitario: **Ronald Estuardo Torres Ramírez,** y después de haber culminado las revisiones previas bajo la responsabilidad de las instancias correspondientes, se autoriza la impresión del mismo.

IMPRÍMASE.

  
Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco  
Decano

Guatemala, abril de 2016





## **ACTO QUE DEDICO A:**

- |                             |  |
|-----------------------------|--|
| <b>Dios</b>                 | Por ser la principal razón de todo en la vida; por haber hecho todo esto posible y por todas las bendiciones que me ha brindado. |
| <b>Cristo de Esquipulas</b> | Por todas las bendiciones recibidas en mi familia.   |
| <b>Mis padres</b>           | Julio Torres y Aura Ramírez, por su apoyo incondicional, y por ser un gran ejemplo de trabajo, responsabilidad y dedicación.     |
| <b>Mis hermanos</b>         | Pedro, Gustavo y Silvia Torres Ramírez, por ser un ejemplo a seguir y por todo su apoyo incondicional.                           |





## **AGRADECIMIENTOS A:**

|   |   |
|---|---|
| <b>Universidad de San Carlos de Guatemala</b> | Por ser mi casa de estudios, porque contribuyó con mi formación académica.  |
| <b>Facultad de Ingeniería</b>                 | Por ser mi segunda casa durante mis años de estudiante y por todos los conocimientos adquiridos para desempeñarme de manera profesional.  |
| <b>Inga. Norma Sarmiento</b>                  | Por brindarme todo su apoyo y asesoría profesional para desarrollar con éxito el proyecto de EPS.   |
| <b>Ing. Oswin Melgar</b>                      | Por haberme brindado la oportunidad de realizar mi trabajo de graduación.   |
| <b>Mis amigos de la Facultad</b>              | Adriana Laparra, Juan Oliva, Karla Álvarez, Paola Pérez, Zoily García, Wilson Vásquez, Adam Carlos, Oscar Sánchez, Diego Ochoa, Francisco Cuyán, Édel López, Jorge Vettorazzi, Reyna Márquez, Paulina Rivera y todos aquellos con quienes compartí durante toda la carrera. |



## ÍNDICE GENERAL

|  |        |
|--|--------|
| ÍNDICE DE ILUSTRACIONES.....   | XXVII  |
| LISTA DE SÍMBOLOS .....  | XXXV   |
| GLOSARIO .....   | XXXVII |
| RESUMEN.....   | XXXIX  |
| OBJETIVOS.....   | XLI    |
| INTRODUCCIÓN.....  | XLIII  |
| <br>   |        |
| 1. INFORMACIÓN GENERAL DEL CENTRO DE INVESTIGACIONES<br>DE INGENIERÍA.....   | 1      |
| 1.1. Antecedentes.....   | 1      |
| 1.2. Objetivos.....  | 4      |
| 1.3. Visión.....   | 4      |
| 1.4. Misión .....  | 5      |
| 1.5. Políticas .....   | 5      |
| 1.6. Estructura organizacional .....   | 7      |
| 1.7. Sección de Gestión de la Calidad.....                                   | 9      |
| 1.7.1. Antecedentes.....   | 9      |
| 1.7.2. Objetivos.....  | 11     |
| 1.7.3. Misión .....  | 12     |
| 1.7.4. Visión.....   | 12     |
| 1.7.5. Políticas .....   | 12     |
| 1.8. Datos generales de la Escuela de Ingeniería Mecánica<br>Industrial..... | 13     |
| 1.8.1. Reseña histórica de la carrera de Ingeniería<br>Industrial.....       | 14     |

|          |  |    |
|----------|--|----|
| 1.8.2.   | Descripción de la carrera de Ingeniería Industrial ...   | 16 |
| 1.8.3.   | Misión .....   | 17 |
| 1.8.4.   | Visión.....  | 17 |
| 1.8.5.   | Objetivos .....  | 17 |
| 1.8.6.   | Valores y política de calidad.....   | 18 |
| 2.       | FASE DE SERVICIO TÉCNICO PROFESIONAL. DISEÑO DE PRÁCTICAS DE LABORATORIO PARA LOS CURSOS DEL ÁREA DE PRODUCCIÓN DE LA ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA INDUSTRIAL, EN UNA LÍNEA DE PRODUCCIÓN DEL CENTRO DE INVESTIGACIONES DE INGENIERÍA..... | 19 |
| 2.1.     | Situación actual de la sección de Gestión de la Calidad del Centro de Investigaciones de Ingeniería .....  | 19 |
| 2.1.1.   | Análisis Foda.....   | 19 |
| 2.1.2.   | Matriz Foda .....  | 21 |
| 2.1.3.   | Personal .....   | 23 |
| 2.1.4.   | Instalaciones .....  | 23 |
| 2.1.5.   | Maquinaria y equipo .....  | 24 |
| 2.2.     | Producción actual de la sección de Gestión de la Calidad del Centro de Investigaciones de Ingeniería .....   | 30 |
| 2.2.1.   | Producción <i>tetrabrik</i> .....  | 30 |
| 2.2.2.   | Producción en polialuminio.....  | 30 |
| 2.2.3.   | Producción de productos de limpieza.....   | 31 |
| 2.3.     | Reglamento de laboratorio .....  | 31 |
| 2.3.1.   | Normas de laboratorio .....  | 32 |
| 2.3.2.   | Seguridad industrial.....  | 36 |
| 2.3.3.   | Equipo de protección personal .....  | 39 |
| 2.3.3.1. | Casco .....  | 39 |
| 2.3.3.2. | Gafas protectoras.....   | 40 |

|      |          |   |     |
|------|----------|---|-----|
|      | 2.3.3.3. | Orejas.....   | 40  |
|      | 2.3.3.4. | Botas industriales .....  | 41  |
|      | 2.3.3.5. | Bata de trabajo .....   | 41  |
|      | 2.3.3.6. | Mascarilla.....   | 42  |
|      | 2.3.3.7. | Guantes de seguridad .....  | 42  |
|      | 2.3.4.   | Buenas prácticas de manufactura .....   | 43  |
| 2.4. |          | Situación actual de prácticas del Área de Producción de la<br>Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial ..... | 47  |
|      | 2.4.1.   | Contenido práctica Seguridad e Higiene<br>Industrial .....  | 54  |
| 2.5. |          | Propuesta de prácticas de laboratorio .....   | 58  |
|      | 2.5.1.   | Práctica de ingeniería de plantas.....  | 62  |
|      | 2.5.1.1. | Práctica 1. Localización industrial.....  | 62  |
|      | 2.5.1.2. | Práctica 2. Edificios industriales .....  | 65  |
|      | 2.5.1.3. | Práctica 3. Ventilación y control de<br>ruido.....  | 68  |
|      | 2.5.1.4. | Práctica 4. Iluminación industrial .....  | 75  |
|      | 2.5.1.5. | Práctica 5. Diagrama de procesos.....   | 79  |
|      | 2.5.1.6. | Práctica 6. Distribución de<br>maquinaria.....  | 89  |
|      | 2.5.1.7. | Práctica 7. Estudio de impacto<br>ambiental .....   | 92  |
|      | 2.5.1.8. | Práctica 8. Buenas prácticas de<br>manufactura.....   | 95  |
|      | 2.5.2.   | Prácticas de ingeniería de métodos.....   | 98  |
|      | 2.5.2.1. | Práctica 1. Productividad .....   | 98  |
|      | 2.5.2.2. | Práctica 2. Diagramas de procesos ...   | 103 |
|      | 2.5.2.3. | Práctica 3. Diagrama hombre-<br>máquina.....  | 113 |

|            |   |     |
|------------|---|-----|
| 2.5.2.4.   | Práctica 4. Diagrama bimanual - estudio de movimientos..... | 120 |
| 2.5.2.5.   | Práctica 5. Ergonomía.....                                  | 123 |
| 2.5.2.6.   | Práctica 6. Método propuesto.....                           | 125 |
| 2.5.2.7.   | Práctica 7. Estudio de tiempos .....                        | 130 |
| 2.5.2.8.   | Práctica 8. Cronometración .....                            | 133 |
| 2.5.2.9.   | Práctica 9. Balance de líneas .....                         | 137 |
| 2.5.3.     | Prácticas de diseño para la producción.....                 | 141 |
| 2.5.3.1.   | Práctica 1. Conceptos generales y diseño del producto ..... | 141 |
| 2.5.3.1.1. | Ciclo de vida del producto .....                            | 142 |
| 2.5.3.2.   | Práctica 2. Diseño del producto.....                        | 143 |
| 2.5.3.3.   | Práctica 3. Diseño del proceso (diagramas de procesos)..... | 145 |
| 2.5.3.4.   | Práctica 4. Diseño de operaciones de servicio .....         | 155 |
| 2.5.3.5.   | Práctica 5. Valor del diseño.....                           | 157 |
| 2.5.3.6.   | Práctica 6. Ingeniería de empaque.....                      | 163 |
| 2.5.3.7.   | Práctica 7. Sistemas justo a tiempo ...                     | 165 |
| 2.5.3.8.   | Práctica 8. Programación agregada ...                       | 168 |
| 2.5.4.     | Prácticas de controles industriales .....                   | 176 |
| 2.5.4.1.   | Práctica 1. Gestión de la calidad .....                     | 176 |
| 2.5.4.2.   | Práctica 2. Mejoramiento de la calidad.....                 | 182 |
| 2.5.4.2.1. | Ciclo PHVA .....  | 183 |
| 2.5.4.2.2. | La familia de normas ISO-9000.....                          | 184 |

|            |   |     |
|------------|---|-----|
| 2.5.4.3.   | Práctica 3. Métodos estadísticos para el control de procesos.....         | 185 |
| 2.5.4.3.1. | Métodos estadísticos..  | 185 |
| 2.5.4.4.   | Práctica 4. Control estadístico del proceso, gráficos por variables ..... | 189 |
| 2.5.4.5.   | Práctica 5. Control estadístico del proceso, gráfico por atributos .....  | 195 |
| 2.5.4.6.   | Práctica 6. Muestreo de aceptación...                                     | 201 |
| 2.5.5.     | Prácticas de control de la producción .....                               | 205 |
| 2.5.5.1.   | Práctica 1. Pronósticos de producción .....                               | 205 |
| 2.5.5.1.1. | Método del último periodo .....   | 210 |
| 2.5.5.1.2. | Método del promedio aritmético.....                                       | 210 |
| 2.5.5.1.3. | Promedio móvil.....   | 211 |
| 2.5.5.1.4. | Promedio móvil ponderado .....  | 212 |
| 2.5.5.2.   | Práctica 2. Planificación de producción continua.....                     | 213 |
| 2.5.5.3.   | Práctica 3. Planificación de producción intermitente .....                | 226 |
| 2.5.5.4.   | Práctica 4. Planificación y control de inventarios .....                  | 237 |
| 2.5.5.5.   | Práctica 5. Programación de la producción .....                           | 250 |
| 2.5.5.6.   | Práctica 6. Teoría de restricciones ....                                  | 256 |
| 2.5.6.     | Prácticas de ingeniería de la producción .....                            | 265 |
| 2.5.6.1.   | Diseño de sistemas de producción....                                      | 265 |

|        |            |   |     |
|--------|------------|---|-----|
|        | 2.5.6.1.1. | Práctica 1. Diagrama de operaciones del proceso .....         | 266 |
|        | 2.5.6.1.2. | Práctica 2. Diagrama de flujo del proceso .....               | 272 |
|        | 2.5.6.1.3. | Práctica 3. Diagrama de recorrido del proceso .....           | 279 |
|        | 2.5.6.1.4. | Práctica 4. Balanceo de líneas de producción.....             | 280 |
| 2.5.7. |            | Prácticas de Seguridad e Higiene Industrial.....              | 284 |
|        | 2.5.7.1.   | Práctica 1. Identificación de riesgos ...                     | 284 |
|        | 2.5.7.2.   | Práctica 2. Indicadores de accidentalidad .....               | 288 |
|        | 2.5.7.3.   | Práctica 3. Equipo de protección.....                         | 291 |
|        | 2.5.7.4.   | Práctica 4. Salud ocupacional .....                           | 293 |
|        | 2.5.7.5.   | Práctica 5. Preparación y respuesta...                        | 294 |
|        | 2.5.7.6.   | Práctica 6. Costos por accidentes .....                       | 296 |
| 2.5.8. |            | Prácticas de administración de personal.....                  | 298 |
|        | 2.5.8.1.   | Práctica 1. Análisis y evaluación de puestos.....             | 298 |
|        | 2.5.8.2.   | Práctica 2. Condiciones laborales .....                       | 302 |
|        | 2.5.8.3.   | Práctica 3. Productividad y calidad en el recurso humano..... | 308 |
| 2.6.   |            | Costos de la propuesta .....                                  | 312 |



|        |   |     |
|--------|---|-----|
| 3.     | FASE DE INVESTIGACIÓN. PLAN DE RECICLAJE PARA LA REUTILIZACIÓN DE DESECHOS PLÁSTICOS CON ENVASES PET EN LA SECCIÓN DE GESTIÓN DE LA CALIDAD ..... | 315 |
| 3.1.   | Situación actual de reciclaje con envases PET en la sección de Gestión de la Calidad .....  | 315 |
| 3.2.   | Estudios actuales con envases PET .....   | 316 |
| 3.3.   | Propuesta de plan de reciclaje con envases PET .....  | 317 |
| 3.3.1. | Recolección y almacenamiento de materia prima   | 317 |
| 3.3.2. | Control de pruebas y uso de materia prima en los ensayos.....   | 318 |
| 3.3.3. | Proceso de producción .....   | 320 |
| 3.3.4. | Diagrama de flujo del proceso .....   | 327 |
| 3.3.5. | Diagrama de operaciones del proceso .....   | 330 |
| 3.4.   | Costos de la propuesta.....   | 334 |
| 4.     | FASE DE DOCENCIA. PLAN DE CAPACITACIÓN .....  | 335 |
| 4.1.   | Diagnóstico de necesidades de capacitación .....  | 335 |
| 4.2.   | Plan de capacitación .....  | 335 |
| 4.3.   | Resultados de la capacitación .....   | 344 |
| 4.4.   | Costos de la propuesta.....   | 344 |
|        | CONCLUSIONES .....  | 347 |
|        | RECOMENDACIONES .....   | 349 |
|        | BIBLIOGRAFÍA.....   | 351 |
|        | APÉNDICES .....   | 353 |
|        | ANEXOS.....   | 357 |



## ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

### FIGURAS

|     |   |    |
|-----|---|----|
| 1.  | Organigrama del Centro de Investigaciones de Ingeniería .....           | 8  |
| 2.  | Organigrama sección de Gestión de la Calidad .....                      | 13 |
| 3.  | Organigrama de la Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial .....       | 14 |
| 4.  | Instalaciones de la sección de Gestión de la Calidad .....              | 24 |
| 5.  | Taladro industrial.....   | 24 |
| 6.  | Sierra de banda.....  | 25 |
| 7.  | Horno industrial .....  | 25 |
| 8.  | Prensa neumática .....  | 26 |
| 9.  | Compresor industrial .....  | 26 |
| 10. | Molino de corte.....  | 27 |
| 11. | Medidor de gases.....   | 27 |
| 12. | Decibelímetro .....   | 28 |
| 13. | Luxómetro .....   | 28 |
| 14. | Balanza digital.....  | 29 |
| 15. | Normas generales de conducta .....                                      | 32 |
| 16. | Condiciones ambientales del laboratorio, orden y limpieza.....          | 33 |
| 17. | Listado de registro de ingreso a la planta piloto .....                 | 34 |
| 18. | Formato para el control de uso de materia prima en la planta piloto.... | 35 |
| 19. | Uso obligatorio de equipo de protección personal .....                  | 36 |
| 20. | Letrero extintor .....  | 37 |
| 21. | Letrero ruta de evacuación.....   | 37 |
| 22. | Letrero punto de reunión .....  | 38 |
| 23. | Señalización industrial área de trabajo.....                            | 38 |

|     |   |     |
|-----|---|-----|
| 24. | Casco protector.....  | 39  |
| 25. | Gafas protectoras .....   | 40  |
| 26. | Orejas .....  | 40  |
| 27. | Botas industriales.....   | 41  |
| 28. | Bata de trabajo.....  | 41  |
| 29. | Mascarilla desechable .....                                       | 42  |
| 30. | Guantes de seguridad para horno .....                             | 42  |
| 31. | Contenido práctica ingeniería de plantas.....                     | 48  |
| 32. | Contenido práctica ingeniería de métodos.....                     | 49  |
| 33. | Contenido práctica diseño para la producción .....                | 50  |
| 34. | Contenido práctica controles industriales .....                   | 51  |
| 35. | Contenido práctica control de la producción .....                 | 52  |
| 36. | Contenido práctica ingeniería de la producción .....              | 53  |
| 37. | Contenido del curso de Seguridad e Higiene Industrial .....       | 54  |
| 38. | Contenido práctica de administración de personal .....            | 57  |
| 39. | Encabezado diagrama de operaciones.....                           | 80  |
| 40. | Encabezado diagrama de flujo del proceso .....                    | 82  |
| 41. | Diagrama de flujo del proceso de producción de desinfectante..... | 83  |
| 42. | Distribución de maquinaria .....                                  | 89  |
| 43. | Matriz de asignación .....  | 91  |
| 44. | Distribución final de la planta .....                             | 91  |
| 45. | Encabezado diagrama de operaciones.....                           | 104 |
| 46. | Encabezado diagrama de flujo del proceso .....                    | 106 |
| 47. | Diagrama de flujo del proceso de producción de desinfectante..... | 107 |
| 48. | Distribución de maquinaria .....                                  | 113 |
| 49. | Diagrama hombre-máquina .....                                     | 117 |
| 50. | Diagrama bimanual, proceso de etiquetado .....                    | 122 |
| 51. | Postura correcta en escritorio .....                              | 123 |
| 52. | Postura correcta y postura incorrecta .....                       | 124 |

|     |  |     |
|-----|--|-----|
| 53. | Posición de pie correcta e incorrecta .....  | 124 |
| 54. | Encabezado diagrama de operaciones .....   | 147 |
| 55. | Encabezado diagrama de flujo del proceso .....   | 148 |
| 56. | Diagrama de flujo del proceso de producción de desinfectante .....                                     | 149 |
| 57. | Distribución de maquinaria .....   | 155 |
| 58. | Diagrama de Pareto, producción de latas .....  | 182 |
| 59. | Gráfico X .....  | 194 |
| 60. | Gráfico R .....  | 194 |
| 61. | Gráfico P, proporción de no conformidad encontrada en 8 lotes<br>de 100 galones de desinfectante ..... | 199 |
| 62. | Proceso de producción, producción continua.....  | 217 |
| 63. | Matriz de preanálisis, cantidad de hora normal y extra .....   | 222 |
| 64. | Matriz de asignación, producción continua .....  | 223 |
| 65. | Proceso de producción, producción continua.....  | 225 |
| 66. | Proceso de producción, “ <i>Imprimax print engineering</i> ” .....                                     | 229 |
| 67. | Hoja de especificaciones.....  | 231 |
| 68. | Plan de trabajo 1 .....  | 232 |
| 69. | Plan de trabajo 2 .....  | 233 |
| 70. | Plan de trabajo 3 .....  | 234 |
| 71. | Programación básica.....   | 235 |
| 72. | Proceso de producción, planta piloto .....   | 236 |
| 73. | Cuadro de control de materiales .....  | 245 |
| 74. | Tiempo de duración del ciclo.....  | 255 |
| 75. | Flujo del proceso productivo, cadena de restricciones.....   | 260 |
| 76. | Encabezado diagrama de operaciones .....   | 266 |
| 77. | Diagrama de operaciones, proceso de producción de desinfectante .                                      | 267 |
| 78. | Encabezado diagrama de flujo del proceso .....   | 273 |
| 79. | Diagrama de flujo del proceso de producción de desinfectante .....                                     | 274 |
| 80. | Diagrama de recorrido, planta piloto de producción.....  | 279 |

|      |  |     |
|------|--|-----|
| 81.  | Distribución de maquinaria, planta piloto .....  | 280 |
| 82.  | Formato de identificación de riesgos .....   | 288 |
| 83.  | Diagrama causa–efecto. Utilización de envases PET acumulados ....                      | 316 |
| 84.  | Contenedor para reciclaje.....   | 317 |
| 85.  | Imagen de campaña para colocar en los contenedores para reciclado de envases PET ..... | 318 |
| 86.  | Formato de registro de pruebas y uso de materia prima PET .....                        | 319 |
| 87.  | Preparación de molde para la fabricación de bloques de PET .....                       | 321 |
| 88.  | Preparación de materiales, mediciones en balanza.....                                  | 322 |
| 89.  | Colocación de papel aluminio en la parte posterior de molde.....                       | 322 |
| 90.  | Colocación de capas proporcionales de material .....                                   | 323 |
| 91.  | Colocación de papel aluminio para cubrir las capas de material .....                   | 323 |
| 92.  | Colocar tapadera en molde.....   | 324 |
| 93.  | Introducir molde a horno .....   | 324 |
| 94.  | Retiro de molde después del proceso de horneado.....                                   | 325 |
| 95.  | Proceso de prensado.....   | 325 |
| 96.  | Proceso de desmontaje de molde.....  | 326 |
| 97.  | Prototipo de PET elaborado.....  | 326 |
| 98.  | Diagrama de flujo, elaboración bloques de PET .....                                    | 327 |
| 99.  | Diagrama de operaciones, elaboración bloques de PET .....                              | 331 |
| 100. | Listado de asistencia de capacitaciones.....   | 341 |
| 101. | Formato de evaluación de la capacitación.....  | 342 |
| 102. | Formato de informe y comentario personal .....   | 343 |

## **TABLAS**

|      |  |    |
|------|--|----|
| I.   | Análisis Foda de la sección de Gestión de la Calidad ..... | 20 |
| II.  | Matriz Foda .....  | 21 |
| III. | Personal de la sección, primer semestre 2015 .....         | 23 |

|         |   |     |
|---------|---|-----|
| IV.     | Listado de herramienta menor .....  | 29  |
| V.      | Materia prima para desinfectante .....                                      | 59  |
| VI.     | Datos de la empresa para localización industrial .....                      | 63  |
| VII.    | Volumen de aire necesario por persona/hora/metro cúbico .....               | 69  |
| VIII.   | Renovación del aire en número de veces/hora .....                           | 70  |
| IX.     | Constante c, flujo de aire.....   | 70  |
| X.      | Volumen de aire necesario por persona y por hora en metros<br>cúbicos ..... | 71  |
| XI.     | Renovación de aire, número de veces por hora.....                           | 71  |
| XII.    | Número de decibeles en promedio, según fuente emisora .....                 | 73  |
| XIII.   | Periodo permisible de exposición.....                                       | 74  |
| XIV.    | Luz reflejada.....  | 76  |
| XV.     | Iluminancia recomendada .....   | 76  |
| XVI.    | Datos para el análisis de iluminación .....                                 | 77  |
| XVII.   | Símbolos para utilizar en diagrama de operaciones .....                     | 80  |
| XVIII.  | Símbolos para elaboración de diagramas de flujo .....                       | 81  |
| XIX.    | Criterio de valores método Layout .....                                     | 90  |
| XX.     | Variables, definición e indicadores.....                                    | 99  |
| XXI.    | Costos de la planta, mes 1 y mes 2 .....                                    | 100 |
| XXII.   | Cálculo de productividad parcial de la planta .....                         | 101 |
| XXIII.  | Productividad del factor total .....  | 101 |
| XXIV.   | Productividad total.....  | 102 |
| XXV.    | Símbolos para utilizar en diagrama de operaciones .....                     | 103 |
| XXVI.   | Símbolos para elaboración de diagramas de flujo .....                       | 105 |
| XXVII.  | Tiempo de proceso, diagrama hombre-máquina.....                             | 116 |
| XXVIII. | Resultados diagrama bimanual.....   | 117 |
| XXIX.   | Símbolos del diagrama bimanual .....  | 121 |
| XXX.    | Formato de toma de tiempos .....  | 135 |
| XXXI.   | Calificación de suplementos.....  | 136 |

|          |   |     |
|----------|---|-----|
| XXXII.   | Tiempo por estación .....   | 138 |
| XXXIII.  | Número de operarios por estación.....   | 139 |
| XXXIV.   | Ritmo de producción por estación.....   | 140 |
| XXXV.    | Símbolos para utilizar en diagrama de operaciones .....                                   | 146 |
| XXXVI.   | Símbolos para elaboración de diagramas de flujo .....                                     | 147 |
| XXXVII.  | Pronósticos de ventas de la planta de producción.....                                     | 170 |
| XXXVIII. | Pronósticos y días producidos para la fabricación<br>de jabón de manos .....              | 170 |
| XXXIX.   | Planificación para la producción mensual y trimestral de la planta<br>de producción.....  | 173 |
| XL.      | Cantidad de defectos encontrados en el lote de producción<br>de jabón de manos .....      | 181 |
| XLI.     | Proporción de defectos y frecuencias acumuladas de galones<br>inspeccionados .....        | 181 |
| XLII.    | Clasificación del tipo de proceso según el índice de capacidad<br>de producción .....     | 187 |
| XLIII.   | Diámetros medidos en una muestra al azar de 16 unidades .....                             | 191 |
| XLIV.    | Diámetros y rangos medidos de la muestra tomada al azar<br>de 16 unidades .....           | 192 |
| XLV.     | Factores de la tabla X-R .....  | 193 |
| XLVI.    | Cantidad de no conformidades encontradas en 8 lotes<br>de 100 galones inspeccionados..... | 198 |
| XLVII.   | Cantidad de no conformidades encontradas en 8 lotes<br>de 100 galones inspeccionados..... | 200 |
| XLVIII.  | Datos de ventas, planta piloto de producción .....  | 209 |
| XLIX.    | Método último periodo .....   | 210 |
| L.       | Método promedio aritmético .....  | 211 |
| LI.      | Método promedio móvil.....  | 212 |
| LII.     | Método promedio móvil ponderado.....  | 213 |



|         |   |     |
|---------|---|-----|
| LIII.   | Cantidad de operarios por proceso, producción continua .....  | 216 |
| LIV.    | Mes y demanda, producción continua I.....   | 216 |
| LV.     | Número de motores I.....  | 217 |
| LVI.    | Número de motores II.....   | 217 |
| LVII.   | Resumen de costos, producción continua.....   | 220 |
| LVIII.  | Disponibilidad de horas en julio de 2011 .....  | 221 |
| LIX.    | Cantidad de hora normal y extra .....   | 222 |
| LX.     | Cantidad de operarios por proceso, producción continua .....  | 224 |
| LXI.    | Mes y demanda, producción continua II.....  | 224 |
| LXII.   | Número de motores III.....  | 225 |
| LXIII.  | Cantidad de material para desinfectante y costo .....   | 226 |
| LXIV.   | Detalle de los pedidos, producción intermitente .....   | 229 |
| LXV.    | Detalle de los pedidos planta piloto, producción intermitente.....  | 236 |
| LXVI.   | Pronósticos, compañía procesadora de alimentos I.....   | 240 |
| LXVII.  | Cantidad de materiales, compañía procesadora de alimentos.....  | 240 |
| LXVIII. | Existencia de materiales, compañía procesadora de alimentos.....  | 240 |
| LXIX.   | Historial de entregas de pedido de los materiales por parte<br>de proveedores, compañía procesadora de alimentos..... | 241 |
| LXX.    | Matriz de cantidades de materiales utilizadas en el ciclo de trabajo,<br>compañía procesadora de alimentos .....      | 243 |
| LXXI.   | Cronograma de órdenes e ingresos de pedidos, azúcar.....  | 246 |
| LXXII.  | Cronograma de órdenes e ingresos de pedidos, colorante.....   | 246 |
| LXXIII. | Cronograma de órdenes e ingresos de pedidos, sabor.....   | 247 |
| LXXIV.  | Cronograma de órdenes e ingresos de pedidos, preservante.....   | 247 |
| LXXV.   | Pronósticos, compañía procesadora de alimentos II.....  | 248 |
| LXXVI.  | Cantidad de materiales, empresa productora de artículos del hogar .   | 248 |
| LXXVII. | Existencia de materiales, empresa productora de artículos<br>del hogar.....   | 249 |

|           |  |     |
|-----------|--|-----|
| LXXVIII.  | Historial de entregas de pedido de los materiales por parte de proveedores, empresa productora de artículos del hogar..... | 249 |
| LXXIX.    | Tiempo de procesar órdenes de trabajo .....  | 253 |
| LXXX.     | Paso 2, método de Johnson .....  | 253 |
| LXXXI.    | Paso 3, método de Johnson .....  | 254 |
| LXXXII.   | Paso 4, método de Johnson .....  | 254 |
| LXXXIII.  | Paso 5, método de Johnson .....  | 254 |
| LXXXIV.   | Paso 6, secuencia para cada centro de trabajo, método de Johnson.....  | 255 |
| LXXXV.    | Tiempo de procesar órdenes de trabajo .....  | 256 |
| LXXXVI.   | Fallas ocurridas en la semana .....  | 261 |
| LXXXVII.  | Restricciones en la línea de producción, lunes.....  | 261 |
| LXXXVIII. | Restricciones en la línea de producción, martes .....  | 262 |
| LXXXIX.   | Restricciones en la línea de producción, miércoles .....   | 263 |
| XC.       | Restricciones en la línea de producción, jueves .....  | 264 |
| XCI.      | Restricciones en la línea de producción, viernes .....   | 264 |
| XCII.     | Símbolos para utilizar en diagrama de operaciones .....  | 266 |
| XCIII.    | Símbolos para elaboración de diagramas de flujo .....  | 272 |
| XCIV.     | Tiempo de operarios .....  | 282 |
| XCV.      | Número de operarios por estación.....  | 283 |
| XCVI.     | Ritmo de producción por estación.....  | 283 |
| XCVII.    | Costos de la propuesta del manual de prácticas de laboratorio .....  | 313 |
| XCVIII.   | Costo general del plan de reciclaje para la reutilización desechos plásticos con envases PET .....                         | 334 |
| XCIX.     | Plan de capacitación ejecutado .....   | 337 |
| C.        | Plan de capacitación propuesto.....  | 338 |
| CI.       | Costos de la propuesta de capacitación .....   | 345 |

## LISTA DE SÍMBOLOS

| <b>Símbolo</b> | <b>Significado</b> |
|----------------|--------------------|
| <b>db</b>      | Decibeles          |
| <b>GI</b>      | Galón              |
| <b>°C</b>      | Grado centígrado   |
| <b>Lb</b>      | Libra              |
| <b>MI</b>      | Mililitros         |
| <b>qq</b>      | Quintales          |
| <b>S</b>       | Segundos           |
| <b>TS</b>      | Tiempo estándar    |
| <b>TN</b>      | Tiempo normal      |



## GLOSARIO

|                      |  |
|----------------------|--|
| <b>Aglomerado</b>    | Masa compacta compuesta por fragmentos de cartón, corcho, arena, entre otros. Cohesionados bajo presión mediante un aglomerante. |
| <b>Aglomerante</b>   | Material capaz de unir fragmentos de una o varias sustancias y dar cohesión al conjunto por métodos exclusivamente físicos.      |
| <b>BPM</b>           | Buenas Prácticas de Manufactura.   |
| <b>CII</b>           | Centro de Investigaciones de Ingeniería.   |
| <b>Coguanor</b>      | Comisión Guatemalteca de Normas.   |
| <b>Concyt</b>        | Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología.  |
| <b>Desecho</b>       | Desperdicio que queda después de haber seleccionado lo mejor y lo más útil de algún material.                                    |
| <b>EIA</b>           | Estudio de Impacto Ambiental.  |
| <b>EMI</b>           | Escuela de Mecánica Industrial.  |
| <b>Ensayo físico</b> | Es el realizado a una sustancia o material con el fin de determinar sus propiedades físicas.                                     |

|                        |   |
|------------------------|---|
| <b>Ensayo mecánico</b> | Se realiza en muestras de materiales o probetas con el fin de determinar características específicas de los mismos. |
| <b>EPP</b>             | Equipo de protección personal.  |
| <b>HHT</b>             | Horas-hombre trabajadas.  |
| <b>Hrs</b>             | Horas.  |
| <b>MIP</b>             | Manejo Integrado de Plagas.   |
| <b>Práctica</b>        | Aplicación real y experimental de una ciencia o teoría.   |
| <b>Reciclaje</b>       | Proceso de obtención de materias primas a partir de desechos, introduciéndolos de nuevo al ciclo de vida.           |
| <b>SGC</b>             | Sección de Gestión de la Calidad.   |

## RESUMEN

El Centro de Investigaciones de Ingeniería siendo una institución dedicada al apoyo y fomento del cumplimiento de las políticas de investigación, extensión y docencia en la Universidad de San Carlos de Guatemala, brinda servicios a instituciones públicas y privadas, para fomentar y contribuir a la realización de estudios e investigaciones de ingeniería, en especial a los que están orientadas a dar soluciones para las problemáticas del país.

La sección de Gestión de la Calidad (SGC) tiene como una de sus funciones principales la acreditación de ensayos de laboratorio, así como el desarrollo de proyectos de investigación con productos nuevos y ecológicos; cuenta con una pequeña línea de producción de *tetrabrik* y polialuminio, en la cual se busca crear por medio de la investigación el uso alternativo a la madera.

La SGD, por medio de la mejora continua busca fortalecer la formación de los estudiantes de la Facultad de Ingeniería, por lo que genera proyectos en donde estos se puedan desarrollar. Se ha trabajado con algunos estudiantes de las prácticas de los cursos del Área de Producción de la Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial (EMI), los cuales desarrollan el proyecto que trata sobre productos innovadores, para crear un acercamiento del estudiante con una producción real. Actualmente las prácticas que se desarrollan con los estudiantes, en su mayor parte se realizan de forma magistral. Tomando en cuenta esto se busca crear con el apoyo de EMI y de las autoridades de la Facultad, la implementación de una línea de producción semiautomática de desinfectantes en la cual se instalarán en las nuevas instalaciones del CII.

Con la implementación de la planta de producción en el CII, surge la propuesta del actual proyecto que consta de prácticas de laboratorio para los estudiantes de los cursos del área de producción, los cuales se podrán desarrollar como complemento a las actuales clases magistrales teórico-prácticas que se imparten a los estudiantes. Las prácticas se diseñaron tomando como base los lineamientos y temas actuales establecidos en los cursos y prácticas del Área de Producción de la Escuela de Mecánica Industrial.

En relación con involucrar al estudiante en temas de investigación y desarrollo de nuevos productos y mejoras en los procesos de producción, se desarrolla un plan de reciclaje en el que se propone el proceso de producción con base en la reutilización de material plástico PET para crear bloques de este material, para su posterior estudio y evaluación de factibilidad.



# OBJETIVOS

## General

Diseñar prácticas de laboratorio aplicadas a una línea de producción del Centro de Investigaciones de Ingeniería, que sean útiles para la formación de los estudiantes en el Área de Producción de la Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial.

## Específicos

1. Analizar la situación actual de la sección de Gestión de la Calidad del Centro de Investigaciones de Ingeniería.
2. Establecer normas de laboratorio para prevenir cualquier tipo de accidentes.
3. Desarrollar prácticas de laboratorio como complemento de los contenidos desarrollados en las clases magistrales en los cursos del Área de Producción de la Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial.
4. Relacionar al estudiante con procesos reales de producción en su formación académica.
5. Desarrollar las prácticas de laboratorio por medio de métodos y herramientas de los cursos profesionales de la Escuela de Mecánica Industrial.

6. Diseñar un plan de reciclaje para la reutilización de desechos plásticos con envases PET en la sección de Gestión de la Calidad.
7. Diseñar un plan de capacitación para la sección de Gestión de la Calidad del Centro de Investigaciones de Ingeniería.

## INTRODUCCIÓN

En la actualidad los futuros profesionales deben tener una formación competente adaptada a las condiciones actuales y enfrentar un mundo laboral en constante evolución. Con la creciente demanda de las instituciones de educación superior por mejorar sus planes de estudio para tener educación de calidad, mejoran sus áreas de enseñanza-aprendizaje implementando nuevos laboratorios para los estudiantes.

La sección de Gestión de Calidad es el ente de investigación que trabaja constantemente en el desarrollo de nuevos proyectos; actualmente se trabaja en conjunto con autoridades de la Facultad de Ingeniería en la implementación de una planta semiautomática de producción de desinfectantes, para la cual este trabajo de graduación se basa en la propuesta de prácticas de laboratorio que se apliquen a la línea de producción del Centro de Investigaciones. El principal objetivo en el desarrollo de prácticas es el fortalecimiento de la preparación de los estudiantes de la Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial en su formación académica, en donde los conocimientos teóricos adquiridos en los cursos magistrales los puedan complementar con la práctica que desarrollarán trabajando casos de producción reales en la línea de producción.

Las prácticas tienen vínculo en la programación y contenido actual de los cursos de ingeniería de plantas, ingeniería de métodos, controles industriales, diseño para la producción, control de la producción, seguridad e higiene industrial, los cuales pertenecen a una de las áreas específicas de la carrera de Ingeniería Industrial y Mecánica Industrial de la Facultad de Ingeniería.



# **1. INFORMACIÓN GENERAL DEL CENTRO DE INVESTIGACIONES DE INGENIERÍA**

## **1.1. Antecedentes**

El Centro de Investigaciones de Ingeniería (CII) es una institución dedicada al apoyo y fomento del cumplimiento de las políticas de investigación, extensión y docencia de la Universidad de San Carlos de Guatemala en la Facultad de Ingeniería. Fue creado por Acuerdo del Consejo Superior Universitario de fecha 27 de julio de 1963 y está integrado por todos los laboratorios de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala.

La base para constituir el Centro fue la unificación de los laboratorios de Materiales de Construcción de la Facultad de Ingeniería y de la Dirección General de Obras Públicas en 1959 y la subsiguiente adición a los mismos del laboratorio de Química y Microbiología Sanitaria en 1962, en unión de otros laboratorios docentes de la Facultad de Ingeniería. En 1965 se agregó al CII, el Laboratorio de análisis de aguas de la municipalidad de Guatemala.

En el 2007 se inicia la ampliación en estructura del CII, con la construcción del 3er nivel del edificio T-5 y de un edificio en el área de prefabricados; además de la remodelación y modernización de los laboratorios de Química en el edificio T-5, las cuales fueron inauguradas en el 2008.

En el 2009 se crea el Laboratorio de Investigación en Extractos Vegetales, LIEXVE, antes planta piloto de extracción-destilación, como parte de la sección

de Química Industrial. Asimismo se crea la planta piloto de extracción de biodiésel, en dicho laboratorio, en agosto del 2009. También se crean las secciones de Topografía y Catastro, y de Tecnología de la Madera, en ese mismo año.

En marzo del 2010 se oficializa la sección de Gestión de la Calidad, teniendo como objetivo el desarrollo del Sistema de Gestión de la Calidad del Centro de Investigaciones de Ingeniería, para lograr la acreditación de ensayos de laboratorio bajo la Norma ISO/IEC 17025, desarrollando asimismo investigación científica en el área de Producción más Limpia, reciclaje de *tetrabrik*, y de plásticos, y otros temas de la Ingeniería Industrial, Seguridad Industrial. En el 2014 con el financiamiento de CONCYT (Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología), por medio de un proyecto de investigación de la línea FODECYT, se equipó una línea de producción para la elaboración de tableros mínimos de aglomerado de *tetrabrik*, en el cual se están diseñando distintos productos para mobiliario de escuelas y oficinas.

En esta misma sección se espera equipar e inaugurar el laboratorio de diseño y elaboración de productos de limpieza, con una línea de producción en la cual se capacitará a estudiantes de las carreras de la Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial.

En marzo del 2011, la sección de Agregados y Concretos se fusionó con la de Aglomerantes y Morteros, quedando conformada como sección de Agregados, Concretos y Morteros.

A partir de junio del 2011 se inició la formación del Sistema de Gestión de la Calidad para todo el Centro de Investigaciones, centrado en el proceso de acreditación de ensayos de laboratorio bajo la Norma ISO 17025, en las

secciones de Agregados, Concretos y Morteros, Metrología Industrial, Metales y Productos Manufacturados, Química Industrial y Mecánica de Suelos; el cual se ha ido fortaleciendo y en el transcurso del 2014 se ha concluido la redacción del manual de la calidad, el cual se estará implementando en el 2015.

En el 2014 se inauguró el nuevo edificio del Centro de Investigaciones denominado Ingeniero Emilio Beltranena, en el cual se estarán ubicando las oficinas administrativas, así como la sección de Agregados, Concretos y Morteros, y el Laboratorio de Asfaltos a partir del 2015. El laboratorio de asfaltos también fue inaugurado en el 2014.

En septiembre del 2014 se realizó el acto de lanzamiento del Proceso de Acreditación bajo la Norma ISO 17025.

Además se están formulando actividades tendientes a fortalecer el sistema de calidad en el componente de capacitación y formación del personal, con el apoyo de Sieca-Pracams, en donde se han recibido diversos cursos por parte de expertos internacionales, y en el componente de seguridad industrial, con la señalización de seguridad en las áreas de máquinas y puntos de reunión, equipamiento de seguridad industrial, formación de brigadas de emergencia y simulacros de evacuación.

Todas las secciones que forman parte del CII participan en las actividades de investigación, servicio, docencia y extensión que realiza el centro como ejecutor de las políticas de la USAC; asimismo, para atender la demanda cuenta con personal profesional y técnico en los diferentes campos, para realizar expertajes, asesorías, ensayos de comprobación, control de calidad y otros.

## 1.2. Objetivos

- Fomentar y contribuir al desarrollo de la investigación científica como un instrumento para la resolución de problemas de diversos campos de la ingeniería, especialmente los que atañen a la evaluación y mejor utilización de los recursos del país y que están orientados a dar respuestas a los problemas nacionales.
- Prestar sus servicios preferentemente a las entidades participantes del CII y ofrecer los mismos a entidades y personas que mediante convenios específicos deseen participar en las actividades del centro en forma cooperativa o bien utilizar sus recursos en la resolución de sus problemas técnicos específicos.
- Colaborar en la formación profesional de ingenieros y técnicos mediante programas de docencia práctica y adiestramiento y la promoción de realización de trabajos de tesis en sus laboratorios y unidades técnicas.<sup>1</sup>

## 1.3. Visión

Desarrollar investigación científica como el instrumento para la resolución de problemas de diferentes campos de la ingeniería, orientada a la optimización de los recursos del país y a dar respuesta a los problemas nacionales; contribuir al desarrollo de la prestación de servicios de ingeniería de alta calidad científico tecnológica para todos los sectores de la sociedad guatemalteca; colaborar en la formación profesional de ingenieros y técnicos; propiciar la comunicación con otras entidades que realizan actividades afines, dentro y fuera de la República de Guatemala, dentro del marco definido por la Universidad de San Carlos de Guatemala. Mantener un liderazgo en todas las áreas de Ingeniería a nivel nacional y regional centroamericano, en materia de investigación, análisis y ensayos de control de calidad, expertise, asesoría técnica y consultoría, formación

---

<sup>1</sup> Centro de Investigaciones de Ingeniería, noviembre de 2014.



de recurso humano, procesamiento y divulgación de información técnica y documental, análisis, elaboración y aplicación de normas.<sup>2</sup>

#### **1.4. Misión**

Investigar alternativas de solución científica y tecnológica para la resolución de la problemática científico-tecnológica del país en las áreas de ingeniería, que estén orientadas a dar respuesta a los problemas nacionales; realizar análisis y ensayos de caracterización y control de calidad de materiales, estructuras y productos terminados de diversa índole; desarrollar programas docentes orientados a la formación de profesionales, técnicos de laboratorio y operarios calificados; realizar inspecciones, evaluaciones, expertajes y prestar servicios de asesoría técnica y consultoría en áreas de la ingeniería; actualizar, procesar y divulgar información técnica y documental en las materias relacionadas con la ingeniería.<sup>3</sup>

#### **1.5. Políticas**

El Centro de Investigaciones de Ingeniería, básicamente da seguimiento a lo establecido por la Universidad de San Carlos de Guatemala, en cuanto apoyar el cumplimiento de las políticas de investigación, extensión y docencia, como función primordial para la obtención de resultados positivos para el desarrollo del país, según está indicado en el punto segundo del Acta 48-91, de la sesión celebrada por el Consejo Superior Universitario, con fecha 25 de octubre de 1991.

Existe vinculación con organismos regionales, instituciones de investigación y normalización y con organizaciones técnico-científicas a nivel mundial.

Con propósitos del cumplimiento del programa de investigación se ha establecido una relación directa con el Consejo Coordinador e Impulsor de la investigación de la Universidad de San Carlos de Guatemala (Conciusac) cuyo

---

<sup>2</sup> Centro de Investigaciones de Ingeniería, noviembre de 2014.

<sup>3</sup> *Ibíd.*

ejecutor es la Dirección General de Investigación de la Universidad de San Carlos de Guatemala (Digi) y con el Sistema Nacional de Ciencia y Tecnología (Sincyt), el cual es ejecutado por la Secretaría del Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (Concyt). Miembros del equipo de trabajo del Centro de Investigaciones de Ingeniería participan en las actividades de estas dos instituciones.

Los programas de docencia se ejecutan mediante prácticas de laboratorio, dando apoyo a diferentes Escuelas de la Facultad de Ingeniería y otras facultades y la promoción en la realización de trabajos de tesis, tanto para estudiantes de los niveles de pregrado como para estudiantes de la Escuela Regional de Ingeniería Sanitaria.

Son políticas fundamentales del Centro de Investigaciones de Ingeniería:

- Prestar servicios preferentemente a las entidades participantes del centro y ofrecer los mismos a entidades y personas que, mediante convenios específicos, deseen participar en sus actividades en forma cooperativa o bien utilizar los elementos del mismo en relación con sus problemas técnicos específicos.
- Fomentar y contribuir al desarrollo de la investigación científica como instrumento para la resolución de problemas de diferentes campos de la ingeniería, especialmente los que atañen a la evaluación y mejor utilización de los recursos del país y que están orientadas a dar respuesta a los problemas nacionales.
- Colaborar en la formación profesional de ingenieros y técnicos, mediante programas de docencia práctica y el adiestramiento y la promoción en la realización de trabajos de tesis, en sus laboratorios y áreas técnicas.
- Propiciar el acercamiento y colaboración con otras entidades que realizan actividades afines, dentro y fuera de la República de Guatemala.

Para el cumplimiento de esas políticas, el Centro de Investigaciones, como parte de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, ha establecido relaciones con el ministerio de comunicaciones, infraestructura y

vivienda y con la municipalidad de Guatemala. Estas tres entidades son a las que van dirigidos preferentemente los servicios.

Se tiene una relación de prestación de servicios también con otras instituciones estatales municipales del país, comités de comunidades de escasos recursos, organizaciones no gubernamentales (ONG's), sector privado de la construcción y otras industrias, así como en el público en general que solicite los servicios del Centro.<sup>4</sup>

## **1.6. Estructura organizacional**

La estructura del Centro de Investigaciones de Ingeniería es de tipo funcional, sus áreas son jerárquicas, con responsabilidades asignadas según su puesto, el alto rango es el de la dirección del centro. El CII está compuesto por secciones para la ejecución de las actividades que conforman cada una de ellas, las cuales son:

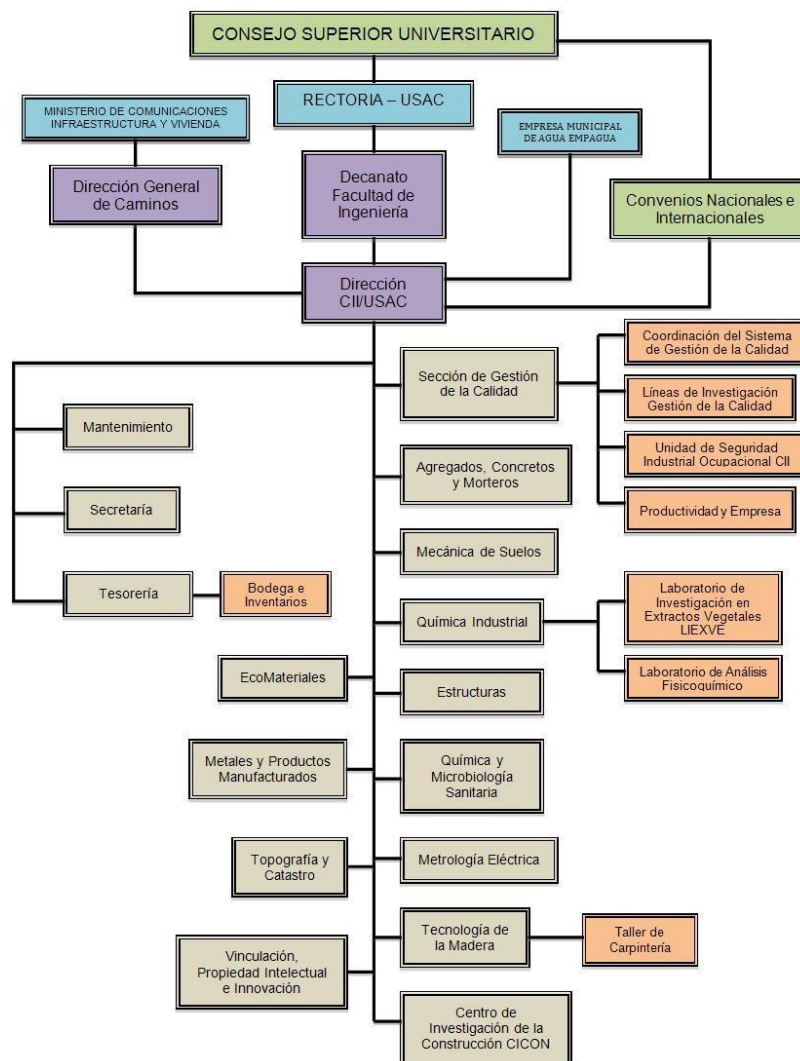
- Concretos y agregados
- Metales y productos manufacturados
- Gestión industrial
- Mecánica de suelos
- Química industrial
- Planta piloto de extracción de aceites esenciales
- Química y microbiología sanitaria
- Metrología
- Estructuras
- Centro de Información a la Construcción – CICON
- Gestión de la calidad

---

<sup>4</sup> Centro de Investigaciones de Ingeniería. <http://cii.ingenieria.usac.edu.gt>. Consulta: octubre de 2015.

- Tecnología de la madera
- Planta piloto de extracción de biodiésel
- Laboratorio de investigación y extractos vegetales (– LIEXVE)
- Sección de ecomateriales
- Topografía y catastro

Figura 1. Organigrama del Centro de Investigaciones de Ingeniería



Fuente: sección de Gestión de la Calidad, CII/USAC.

## **1.7. Sección de Gestión de la Calidad**

La sección tiene a su cargo la acreditación de ensayos de laboratorio, así como la elaboración de productos nuevos y ecológicos, fomentando la investigación y desarrollo de prototipos para estudiar su factibilidad de producción.

### **1.7.1. Antecedentes**

En el 2005, debido a la necesidad de contar con una sección cuya orientación directamente se relacione con los controles de calidad en la prestación de los servicios en el Centro de Investigaciones de Ingeniería, se crea la sección Gestión de la Calidad, pero no se fundamenta en ningún acuerdo de Junta Directiva enfocándose, si no que su trabajo se enfoca en aspectos generales de normativas de calidad.

En el 2007 se asigna al Ing. Oswin Antonio Melgar, en cuya dirigencia se agregan funciones en el Área de Producción, empezando con la elaboración de productos de limpieza y capacitaciones a estudiantes de prácticas iniciales. En el 2009 se le da mayor énfasis a actividades de acreditación de ensayos de laboratorio bajo la Norma ISO 17025; se realizan 2 diplomados, el primero de la Norma 17025 y uso de la Norma 15189 y se inician a elaborar procedimientos y documentación.

En el 2010 se realiza la solicitud a junta directiva presentándose el proyecto de la creación oficial de Gestión de la Calidad según la Carta Oficio No. 018/2010, y el cual fue aprobado el mismo año. Desde ese instante se inicia el proceso de acreditación de 5 cinco ensayos de 4 secciones del Centro de Investigaciones cuyo proceso se mantiene hasta el día de hoy. Actualmente se está trabajando con varios proyectos que se espera den resultados que beneficien a la Facultad de Ingeniería y del se pueda obtener apoyo de diferentes sectores sociales. Los principales proyectos son:

- La acreditación de 5 ensayos de laboratorio del Centro de Investigaciones de Ingeniería bajo la Norma ISO IEC 17025.
- Creación de la empresa productora de jabón líquido y desinfectante comerciable para la Universidad de San Carlos de Guatemala, que se planea ubicar en el edificio T-5 de la Facultad de Ingeniería.
- Gestión del programa de seguridad industrial de la Facultad de Ingeniería, capacitando al personal en la formación de brigadas de evacuación, realización de simulacros de evacuación en caso de sismo, señalización de los puntos de reunión y rutas de evacuación, verificación y recarga de extintores de fuego, capacitación en el uso de los mismos.
- Desarrollar el plan de respuesta institucional y atención de emergencia y desastre, el cual tiene como objetivo integrar brigadas de apoyo por parte de la Facultad de Ingeniería, para estos casos.
- Desarrollo de proyectos Facyt para el IV, V, VI, VII Congresos de Topografía, Geodesia y Catastro.
- Desarrollo del proyecto Fodecyt 054-2012: diseño de un proceso de transformación de desechos sólidos procedentes de envases *tetrabrik* para elaborar un nuevo material que pueda ser utilizado en la industria mobiliaria guatemalteca como alternativa a los aglomerados de madera.
- Otros proyectos de investigación científica a nivel de EPS, trabajo de graduación o práctica final que se están desarrollando tales como el diseño de una casa autosustentable, una propuesta para la reducción de desechos sólidos orgánicos por medio de la lombricultura, block ecológico a base de desechos de pet, entre otros.<sup>5</sup>

---

<sup>5</sup> Sección de Gestión de la Calidad, Centro de Investigaciones de Ingeniería.

## 1.7.2. Objetivos

- General: Gestionar y mantener controles de calidad en los procesos administrativos y de servicios del Centro de Investigaciones de Ingeniería, por medio de la mejora continua, fomentando la investigación científica en las áreas de seguridad industrial, producción e innovación industrial y experimental, mediante la ejecución de políticas, estrategias y desarrollo sostenible en las áreas de investigación, desarrollando las líneas de investigación en el área de gestión de la calidad, acreditación de ensayos de laboratorio bajo la Norma ISO 17025, desarrollo humano, seguridad industrial y producción y empresa.
  
- Específicos:
  - Documentar el sistema de Gestión de la Calidad del Centro de Investigaciones de Ingeniería conforme a la norma COGUANOR NGR/COPANT/ISO/IEC 17025 “Requisitos generales para la competencia de los laboratorios de ensayo y calibración”.
  - Elaborar el Manual de la calidad del Centro de Investigaciones de Ingeniería.
  - Desarrollar programas de prevención en seguridad industrial y salud ocupacional.
  - Desarrollar programas de investigación científica en las temáticas de gestión de la calidad, seguridad industrial y ocupacional, producción e innovación industrial y experimental, ingenio y tecnología.
  - Desarrollar innovación en productos de limpieza por medio del componente de producción y empresa.<sup>6</sup>

---

<sup>6</sup> Sección de Gestión de la Calidad, Centro de Investigaciones de Ingeniería.

### **1.7.3. Misión**

Gestionar y mantener controles de calidad en los procesos administrativos y de servicios del Centro de Investigaciones de Ingeniería, por medio de la mejora continua y la atención en el servicio al cliente, manteniendo programas de capacitación al personal en las áreas de aseguramiento de la calidad, seguridad industrial y desarrollo humano, fomentando la investigación científica en las áreas de gestión de la calidad, seguridad industrial y ocupacional, producción e innovación industrial y experimental, mediante la ejecución de políticas, estrategias y desarrollo sostenible en las áreas de investigación, desarrollando las líneas de investigación en el área de Gestión de la Calidad, acreditación de ensayos de laboratorio bajo la Norma ISO 17025, desarrollo humano, y gestión integral de proyectos.<sup>7</sup>

### **1.7.4. Visión**

“A mediano plazo ser líderes en la organización administrativa y tecnológica, que consolide el desarrollo sostenible del Centro de Investigaciones de Ingeniería con un sistema de gestión integrado”.<sup>8</sup>

### **1.7.5. Políticas**

En la sección de Gestión de la Calidad del Centro de Investigaciones de Ingeniería, trabajamos en la búsqueda de la mejora continua con el compromiso de documentar, implementar y mantener el sistema de gestión de la Calidad de conformidad con la norma COGUANOR NGR/COPANT/ISO/IEC 17025, requisitos generales para la competencia de los laboratorios de ensayo y calibración. Asimismo desarrollamos la cultura de prevención de riesgos por medio de actividades de seguridad industrial y salud ocupacional; nos dedicamos a la

---

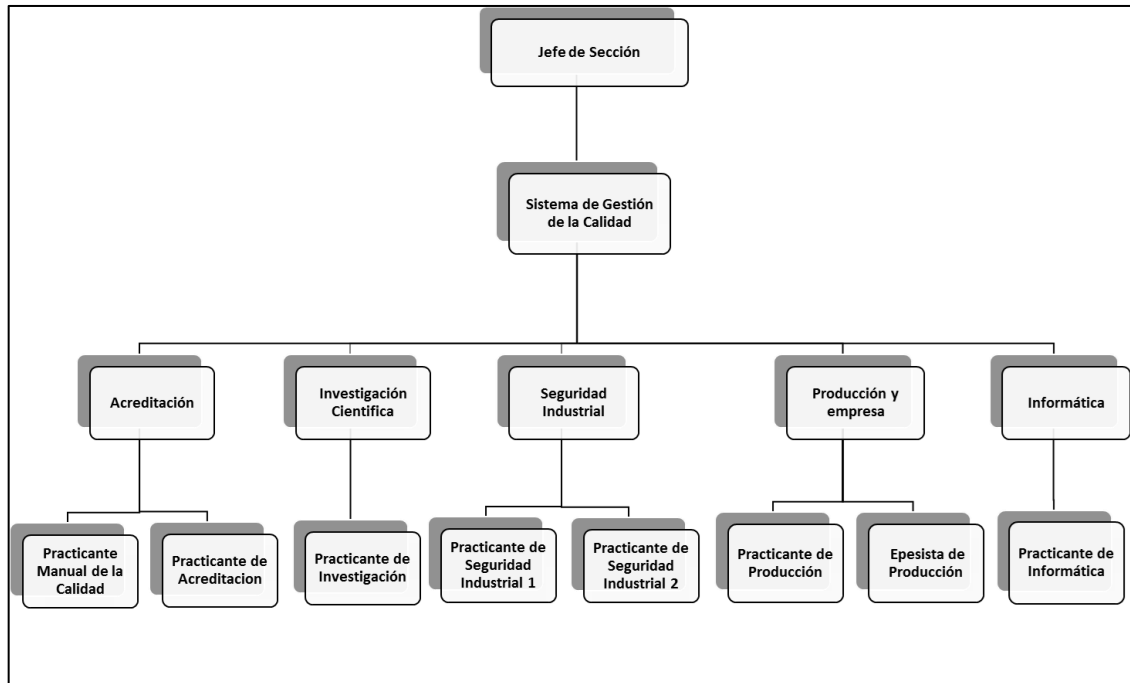
<sup>7</sup> Sección de Gestión de la Calidad, Centro de Investigaciones de Ingeniería.

<sup>8</sup> *Ibíd.*



investigación científica y al desarrollo de productos innovadores en el área de producción y empresa.<sup>9</sup>

Figura 2. Organigrama sección de Gestión de la Calidad



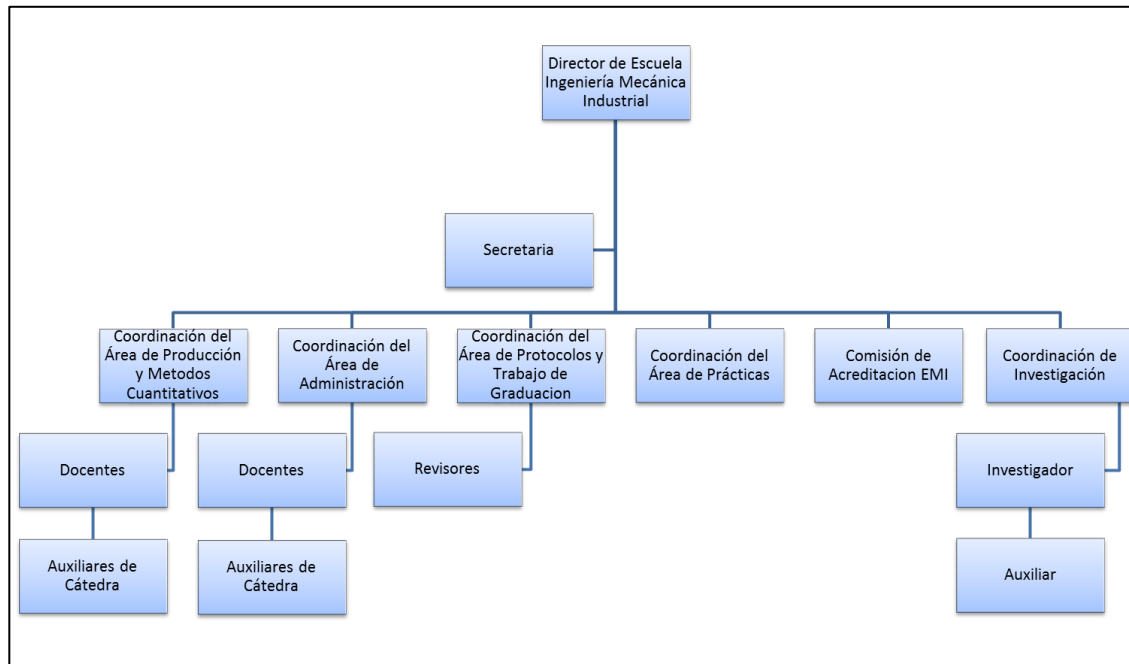
Fuente: Sección de Gestión de la Calidad, Centro de Investigaciones de Ingeniería, Fiusac.

### 1.8. Datos generales de la Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial

La Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial está compuesta por un conjunto de áreas tales como: Dirección, Secretaria, Coordinación área de Producción y Métodos Cuantitativos, Coordinación área Administrativa, Coordinación área de Protocolos, Coordinación área de Prácticas, Comisión Acreditación EMI, Coordinación de Investigación.

<sup>9</sup> Sección de Gestión de la Calidad, Centro de Investigaciones de Ingeniería.

Figura 3. **Organigrama de la Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial**



Fuente: EMI. <http://emi.ingenieria.usac.edu.gt/sitio/wp-content/uploads/2010/07/organigramaemi2.jpg>. Consulta: marzo de 2016.

### 1.8.1. **Reseña histórica de la carrera de Ingeniería Industrial**

Los primeros intentos para la creación de la carrera, se remontan a 1956, con la celebración de la tercera reunión del Comité de Cooperación Económica del Istmo Centroamericano llevada a cabo en Managua. De 1958 a 1960, en reuniones a nivel centroamericano, se propuso la necesidad de crear la Escuela Superior de Ingeniería y Administración Industrial.

En 1962, el Consejo Superior Universitario Centroamericano (CSUCA) formalizó un convenio con el Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Monterrey, para prestar asesoría a las universidades centroamericanas y preparar profesionales en los campos de Ingeniería Industrial.

Con el apoyo, de la Misión Internacional del Trabajo (OIT), del Centro de Productividad Industrial, hoy INTECAP, del Consejo Nacional de Planificación Económica del Instituto Centroamericano de Investigación y Tecnología Industrial (ICAITI) y de la Cámara de Industria, hicieron posible que el Consejo Superior Universitario creara en 1966 la carrera de Ingeniero Mecánico Industrial, quien a su vez en octubre del mismo año aprobó el plan de estudios correspondiente.

El origen de la Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial, tiene sus inicios en 1966, cuando el 8 de enero, el Consejo Superior Universitario en Acta No. 911 punto 5º, dio lectura al plan de estudios para la carrera de Ingeniero Mecánico Industrial, propuesta por la Facultad de Ingeniería, pidiendo que previo a su aprobación se presentasen estudios relativos a los intereses y necesidades de la misma para el país, así como las implicaciones económicas que su establecimiento traería a la Universidad de San Carlos, nombrando para ello una comisión, en la que, profesionales de Ingeniería Química tuvieron participación.

El 22 de enero del mismo año, según acta Núm. 912, punto 8avo. del Consejo Superior Universitario, ingresa de nuevo a discusión la creación de la carrera, la cual queda pendiente por la falta del informe final de la Comisión Específica, y debido a los problemas que la Comisión afrontaba para la presentación del informe, el Consejo Superior Universitario decide el 2 de febrero, según acta Núm. 914, punto 3ro., la creación de una comisión que estudiase la necesidad de técnicos para el desarrollo, con asesoría del Instituto Centroamericano de Investigaciones Tecnológicas e Industriales, ICAITI, lo cual ponía en riesgo la creación de la nueva escuela de ingeniería Mecánica Industrial.

El 11 de junio del mismo año, el Consejo Superior Universitario, entregó una nueva comisión para la creación de carreras relacionadas con la industria, luego de estar convencido de la necesidad de las mismas.

El 24 de septiembre de 1966 en acta Núm. 932 punto 7mo., el Consejo Superior Universitario, luego del análisis y discusión de documentos, estudios y dictámenes, por unanimidad acordó aprobar la creación de la carrera de Ingeniería Mecánica Industrial, en acta Núm. 933 del 8 de octubre del mismo año, autorizó el plan de estudios integrado por 12 semestres y en acta Núm.939 del 14 de enero

del año 1967 se aprueba que la carrera de Ingeniería Mecánica Industrial comience a funcionar el primer semestre del año mencionado, siendo lo anterior un paso inicial y crucial en la posterior creación de nuestra carrera de Ingeniería Industrial.

Fue finalmente hasta 11 de noviembre de 1967, cuando en acta Núm. 966 punto 6to., el Consejo Superior Universitario acordó aprobar la nueva distribución de las carreras de la Facultad de Ingeniería dejando el anexo Núm. 3 del acta mencionada, constancia de la aprobación del plan de estudios de la carrera de Ingeniería Industrial, lo que la constituyó finalmente como la carrera a la cual hoy orgullosamente pertenecemos.<sup>10</sup>

La Escuela de Mecánica Industrial actualmente se encuentra en proceso de la reforma curricular y de acreditación, por lo que se han realizado cambios como el de ampliar el horarios de cursos profesionales, secciones paralelas, creación de la unidad de investigación, entre otras. El actual pénsum tiene 10 semestres, 250 créditos y 3 áreas específicas de la carrera, las cuales son: Producción, Métodos Cuantitativos y Administración.

### **1.8.2. Descripción de la carrera de Ingeniería Industrial**

La carrera de Ingeniería Industrial desarrolla su actividad en el diseño, mejoramiento e instalación de sistemas, integrando y armonizando a los recursos humanos, los materiales, el equipo y el capital, con utilización de los conocimientos especializados de las ciencias. Prepara ingenieros cuya función principal es organizar, administrar y supervisar plantas industriales; planificar y controlar la producción; investigar y desarrollar productos, controlar la calidad; analizar métodos de trabajo y otros.

---

<sup>10</sup> EMI, Facultad de Ingeniería. [http://emi.ingenieria.usac.edu.gt/sitio/?page\\_id=235](http://emi.ingenieria.usac.edu.gt/sitio/?page_id=235). Consulta: noviembre de 2014.

Asimismo la carrera de Ingeniería Mecánica Industrial tiene como objetivo satisfacer la demanda de la mediana y pequeña industria del país, optimizando la maquinaria requerida en los diferentes procesos productivos. El ingeniero mecánico industrial genera proyectos y procesos para el desarrollo de la industria, así como la operación de sus instalaciones y equipo, su mantenimiento y administración.<sup>11</sup>

### **1.8.3. Misión**

“Preparar y formar profesionales de la ingeniería Industrial, Mecánica Industrial y disciplinas afines, capaces de genera e innovar sistemas y adaptarse a los desafíos del contexto global”.<sup>12</sup>

### **1.8.4. Visión**

“En el 2022 la Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial acreditada a nivel regional y con excelencia académica, es líder en la formación de profesionales íntegros, de la Ingeniería Industrial, Mecánica Industrial y disciplinas afines, que contribuyen al desarrollo sostenible del entorno”.<sup>13</sup>

### **1.8.5. Objetivos**

- Formar adecuadamente el recurso humano dentro del campo científico y tecnológico de la Ingeniería Mecánica Industrial e Ingeniería Industrial, para contribuir al fortalecimiento y desarrollo de Guatemala.
- Que el estudiante de la carrera de Ingeniería Mecánica Industrial e Ingeniería Industrial adquiera una mentalidad abierta a cualquier cambio y

---

<sup>11</sup> EMI, Facultad de Ingeniería. [http://emi.ingenieria.usac.edu.gt/sitio/?page\\_id=88](http://emi.ingenieria.usac.edu.gt/sitio/?page_id=88), Consulta: noviembre de 2014.

<sup>12</sup> *Ibíd.*

<sup>13</sup> *Ibíd.*

adaptación futura, para que como profesional posea la capacidad de autoeducarse.

- Evaluar los planes y programas de estudio a efecto de introducirle las mejoras pertinentes, acordes a los avances de la ciencia, la tecnología para satisfacer las necesidades del país.<sup>14</sup>

### **1.8.6. Valores y política de calidad**

- Integridad: asumimos un firme adhesión a un código de valores morales y éticos en todas nuestras actuaciones.
- Excelencia: aspiramos al más alto nivel académico, en la preparación y formación de nuestros egresados, que constituye el fundamento de su competencia profesional.
- Compromiso: cumplimos con los requerimientos y expectativas de la sociedad en la formación de nuestros profesionales.
- Código de valores: la Escuela cuenta con un código de valores que todos los miembros de ella deben practicarlos a lo largo de su vida; estos son: espíritu de servicios, trabajando en equipo, confianza, innovación, honradez, calidad, ética, dignidad, justicia, honestidad, responsabilidad, disciplina, proyección social, liderazgo, lealtad, competencia, respeto, equidad y la igualdad.
- Política de calidad: se toman decisiones día tras día, aplicando el código de valores morales y éticos, para alcanzar la excelencia en la formación académica de los profesionales, en cumplimiento de los requerimientos y expectativas de la sociedad.<sup>15</sup>

---

<sup>14</sup> EMI, Facultad de Ingeniería. [http://emi.ingenieria.usac.edu.gt/sitio/?page\\_id=88](http://emi.ingenieria.usac.edu.gt/sitio/?page_id=88), Consulta: noviembre de 2014.

<sup>15</sup> EMI, Facultad de Ingeniería. [http://emi.ingenieria.usac.edu.gt/sitio/?page\\_id=91](http://emi.ingenieria.usac.edu.gt/sitio/?page_id=91), Consulta: noviembre de 2014.

## **2. FASE DE SERVICIO TÉCNICO PROFESIONAL. DISEÑO DE PRÁCTICAS DE LABORATORIO PARA LOS CURSOS DEL ÁREA DE PRODUCCIÓN DE LA ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA INDUSTRIAL, EN UNA LÍNEA DE PRODUCCIÓN DEL CENTRO DE INVESTIGACIONES DE INGENIERÍA**

### **2.1. Situación actual de la sección de Gestión de la Calidad del Centro de Investigaciones de Ingeniería**

Entre las funciones de la sección de Gestión de la Calidad está la creación de productos innovadores, ecológicos y autosostenibles, con la transformación de envases posconsumo de *tetrabrik* y envases de tereftalato de polietileno (PET). Otra de las funciones es la capacitación del personal del Centro de Investigaciones con cursos de la Norma ISO 17025:2005. A los estudiantes de prácticas iniciales se les da la capacitación de producción artesanal en la elaboración de desinfectantes como parte de los talleres que reciben.

En el 2015 se trabaja en el proceso de acreditación bajo la Norma ISO 17025:2005 de los ensayos de prueba de resistencia de los cilindros de concreto.

#### **2.1.1. Análisis Foda**

Para realizar el análisis de la situación actual de la sección, se emplea la herramienta de Foda, la cual se centra en identificar los factores externos

(amenazas y oportunidades) e internos (fortalezas y debilidades), que proporcionen información necesaria para la implementación de acciones, y medidas correctivas y la generación de nuevos o mejores proyectos de mejora.

Tabla I. **Análisis Foda de la sección de Gestión de la Calidad**

| <b>FORTALEZAS</b>   | <b>DEBILIDADES</b>   |
|---|--|
| <p><b>F1.</b> Investigación de nuevos productos.</p> <p><b>F2.</b> Realización de ensayos de laboratorio.</p> <p><b>F3.</b> Respaldo de la universidad.</p> <p><b>F4.</b> Alto interés del jefe de la sección para el mejoramiento del área.</p> <p><b>F5.</b> Programas de acreditación.</p>                                   | <p><b>D1.</b> Maquinaria y equipo limitado.</p> <p><b>D2.</b> Espacio reducido.</p> <p><b>D3.</b> Escaso personal.</p> <p><b>D4.</b> No cuenta con plan de mantenimiento de la maquinaria.</p> <p><b>D5.</b> Deterioro en la infraestructura física de la sección.</p>   |
| <b>OPORTUNIDADES</b>  | <b>AMENAZAS</b>  |
| <p><b>O1.</b> Asignación de proyectos por instituciones externas a la universidad.</p> <p><b>O2.</b> Entidades de acreditación de ensayos de laboratorios.</p> <p><b>O3.</b> Donación de maquinaria y equipo de instituciones extranjeras.</p> <p><b>O4.</b> Financiamiento de proyectos por instituciones gubernamentales.</p> | <p><b>A1</b> Redistribución de áreas que no utiliza la sección, para otras dependencias de la universidad.</p> <p><b>A2.</b> Bajo presupuesto.</p> <p><b>A3.</b> Competencia con laboratorios más sofisticados.</p> <p><b>A4.</b> Disminución de apoyo financiero por parte de instituciones externas a la USAC.</p> |

Fuente: elaboración propia.



### 2.1.2. Matriz Foda

Con esta herramienta se muestra el análisis y las estrategias que se definieron para maximizar las fortalezas, oportunidades y minimizar las debilidades y amenazas.

Tabla II. Matriz Foda

|  | <b>FORTALEZAS</b>  | <b>DEBILIDADES</b>  |
|--|--|---|
| <b>FACTORES INTERNOS</b>   | <b>F1.</b> Investigación de nuevos productos.<br><b>F2.</b> Realización de ensayos de laboratorio.<br><b>F3.</b> Respaldo de la universidad.<br><b>F4.</b> Alto interés del jefe de la sección para el mejoramiento del área.<br><b>F5.</b> Programas de acreditación. | <b>D1.</b> Maquinaria y equipo limitado.<br><b>D2.</b> Espacio reducido.<br><b>D3.</b> Escaso personal.<br><b>D4.</b> No cuenta con plan de mantenimiento de la maquinaria.<br><b>D5.</b> Deterioro en la infraestructura física de la sección. |
| <b>FACTORES EXTERNOS</b>   |  |   |
| <b>OPORTUNIDADES</b>   | <b>(FO) (Maxi-Maxi)</b>  | <b>(DO) (Min-Maxi)</b>  |
| <b>O1.</b> Asignación de proyectos por instituciones externas a la universidad.<br><b>O2.</b> Entidades de acreditación de ensayos de laboratorios.<br><b>O3.</b> Donación de maquinaria y equipo por instituciones extranjeras. | Ampliar las investigaciones continuando con el vínculo de la universidad y las instituciones externas. Gestionar nueva maquinaria, herramienta y equipo con instituciones gubernamentales y extranjeras.<br><b>(F1, F5, O1, O3)</b>                                    | Mejorar, ampliar las instalaciones por medio de la asignación de nuevos espacios disponibles, para poder instalar la maquinaria nueva.<br><b>(D1, D2, O4)</b><br><br>Ampliar inversión para la sección.<br><b>(D5, O3, O4)</b>                  |

Continuación de la tabla II.

|  |   |   |
|--|---|---|
| <p><b>O4.</b> Financiamiento de proyectos por instituciones gubernamentales.</p>   |   | <p>Contratar mayor número de personal.<br/><b>(D3, D5, O4)</b></p>  |
| <p><b>AMENAZAS</b></p>   | <p><b>(FA) (Maxi-Min)</b></p>   | <p><b>(DA) (Mini-Mini)</b></p>  |
| <p><b>A.1</b> Redistribución de áreas que no utiliza la sección, para otras dependencias de la universidad.<br/><b>A2.</b> Bajo presupuesto.<br/><b>A3.</b> Competencia con laboratorios más sofisticados.<br/><b>A4.</b> Disminución de apoyo financiero por parte de instituciones externas a la USAC.</p> | <p>Gestionar la construcción de ampliación de laboratorio, utilizando el área disponible que tiene asignada la sección.<br/><b>(F3, F4, A1)</b></p> <p>Implementar los programas de acreditación a todos los ensayos de laboratorios que se realizan en el Centro de Investigaciones.<br/><b>(F2, F5, A3)</b></p> <p>Evaluar aspectos generales de la satisfacción de los clientes respecto al servicio obtenido por parte del Centro de Investigaciones.<br/><b>(F2, F5, A3)</b></p> <p>Implementación de nuevos proyectos a desarrollarse en la sección, solicitando el apoyo de las instituciones financieras que promueven la investigación, mostrando los resultados satisfactorios.<br/><b>(F1, A2, A4)</b></p> | <p>Gestionar el mantenimiento de las instalaciones de la sección por medio del área de mantenimiento del Centro de Investigaciones para disminuir los costos de reparación.<br/><b>(D5, A2)</b></p> <p>Gestionar la implementación de la planta piloto de producción de desinfectantes y que esta sea autosostenible con las ventas del producto.<br/><b>(D1, D2, A1, A2)</b></p> |

Fuente: elaboración propia.

### 2.1.3. Personal

El personal directo de la SGC está conformado por el jefe de sección, asimismo se cuenta con personal temporal semestral practicantes, tesisistas y epesistas, quienes trabajan como apoyo a las actividades, investigaciones y tareas que se realizan en la sección.

Tabla III. Personal de la sección, primer semestre 2015

| <b>Sección de gestión de la calidad</b> |                   |                 |                |
|---|-------------------|-----------------|----------------|
|   | <b>Nombre</b>     | <b>Cargo</b>    | <b>Periodo</b> |
| <b>1</b>                                | Ing. Oswin Melgar | Jefe de sección | Fijo           |
| <b>2</b>                                | Antonio Ayala     | Epesista        | Temporal       |
| <b>3</b>                                | Ronald Torres     | Epesista        | Temporal       |
| <b>4</b>                                | Melany Oyarzabal  | Practicante     | Temporal       |
| <b>5</b>                                | Sergio Rosales    | Practicante     | Temporal       |
| <b>6</b>                                | Marvin Pérez      | Practicante     | Temporal       |

Fuente: elaboración propia.

### 2.1.4. Instalaciones

La sección de Gestión de la Calidad se encuentra ubicada en el área de Prefabricados del CII, cuenta con la oficina principal del jefe de la sección, que contiene el equipo de cómputo de trabajo, suministros de oficina, el área de espera está conjunta a la oficina principal. La bodega principal contiene la materia prima de desinfectantes y el área de laboratorio y maquinaria está ubicada en la parte trasera de la sección.

Figura 4. **Instalaciones de la sección de Gestión de la Calidad**



Fuente: sección de Gestión de la Calidad, CII/USAC.

### **2.1.5. Maquinaria y equipo**

Se cuenta con un laboratorio que contiene maquinaria industrial, y herramienta menor, equipo de cómputo, equipo para realizar mediciones en la industria como el decibelímetro, luxómetro y medidor de gases, además cuenta con taladro, sierra de banda, horno industrial, prensa neumática, molino de corte y compresor, los cuales se listan a continuación:

Figura 5. **Taladro industrial**



Fuente: Área de ensayos, sección de Gestión de la Calidad, CII/USAC.

Figura 6. **Sierra de banda**



Fuente: Área de ensayos, sección de Gestión de la Calidad, CII/USAC.

Figura 7. **Horno industrial**



Fuente: Área de ensayos, sección de Gestión de la Calidad, CII/USAC.

Figura 8. **Prensa neumática**



Fuente: Área de ensayos, sección de Gestión de la Calidad, CII/USAC.

Figura 9. **Compresor industrial**



Fuente: Área de ensayos, sección de Gestión de la Calidad, CII/USAC.

Figura 10. **Molino de corte**



Fuente: Área de ensayos, sección de Gestión de la Calidad, CII/USAC.

Figura 11. **Medidor de gases**



Fuente: Área de ensayos, sección de Gestión de la Calidad, CII/USAC.

Figura 12. **Decibelímetro**



Fuente: Área de ensayos, sección de Gestión de la Calidad, CII/USAC.

Figura 13. **Luxómetro**



Fuente: Área de ensayos, sección de Gestión de la Calidad, CII/USAC.



Figura 14. **Balanza digital**



Fuente: Área de ensayos, sección de Gestión de la Calidad, CII/USAC.

Tabla IV. **Listado de herramienta menor**

| Herramienta                   | Marca  | Cantidad   |
|-------------------------------|--------|------------|
| Martillo                      | BBT    | 3          |
| Pinzas                        | BBT    | 1          |
| Alicate extensible            | BBT    | 1          |
| Alicate extensible            | TRUPER | 1          |
| Alicate                       | BBT    | 1          |
| Alicate                       | -----  | 1          |
| Corta alambre                 | BBT    | 3          |
| Vise                          | BBT    | 1          |
| Vise                          | TRUPER | 1          |
| Desarmador ( <i>Philips</i> ) | BBT    | 2P, 2M, 2G |
| Desarmador (castigadera)      | BBT    | 2P, 2M, 2G |

Fuente: elaboración propia.

## **2.2. Producción actual de la sección de Gestión de la Calidad del Centro de Investigaciones de Ingeniería**

Actualmente se trabajan productos ecológicos en paneles menores, como es el caso de *tetrabrik*, polialuminio, también se trabaja la elaboración artesanal de desinfectantes.

### **2.2.1. Producción *tetrabrik***

La producción con *tetrabrik* se empezó en la sección en el 2012, con el apoyo financiero de Concyt, Fonacyt. El proyecto se trata sobre un diseño de transformación de desechos sólidos con envases de *tetrabrik* como un nuevo material que pueda ser utilizado como alternativa a la madera en Guatemala.

### **2.2.2. Producción en polialuminio**

El polialuminio es un material que se obtiene de los envases de *tetrabrik*, con la diferencia que este, además del proceso de preparación y lavado, se debe ejecutar el procedimiento de remover el material de papel y cartón, dejar únicamente el polialuminio, este es un material más liviano y resistente al *tetrabrik*. En la sección de Gestión de la Calidad, lo que se espera con este proyecto es conseguir apoyo financiero por parte de alguna entidad y poder realizarlo en la elaboración de paneles menores con productos en los cuales el principal es hacer las pruebas correspondientes de resistencia, para determinar su utilización y factibilidad como una especie de cielo falso; el proyecto se encuentra en la fase de planificación por parte del jefe de la sección.

### **2.2.3. Producción de productos de limpieza**

Los productos de limpieza en la sección se elaboran de forma artesanal como parte de las capacitaciones que imparte la sección, los talleres son impartidos a los estudiantes de prácticas iniciales de las carreras de ingeniería industrial y mecánica industrial de la Facultad de Ingeniería, están son realizadas semestralmente (Ver anexo 1).

En el primer semestre del 2015, se inició con la descripción, cotización de la maquinaria para poder implementar una planta piloto de producción de desinfectantes en las instalaciones del edificio del CII. Con la ejecución de la planta piloto se busca producir desinfectantes para la venta interna dentro de la universidad y que este proyecto sea autosostenible, además de poder utilizar la planta piloto como práctica docente a los estudiantes de la Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial en el área de producción.

### **2.3. Reglamento de laboratorio**

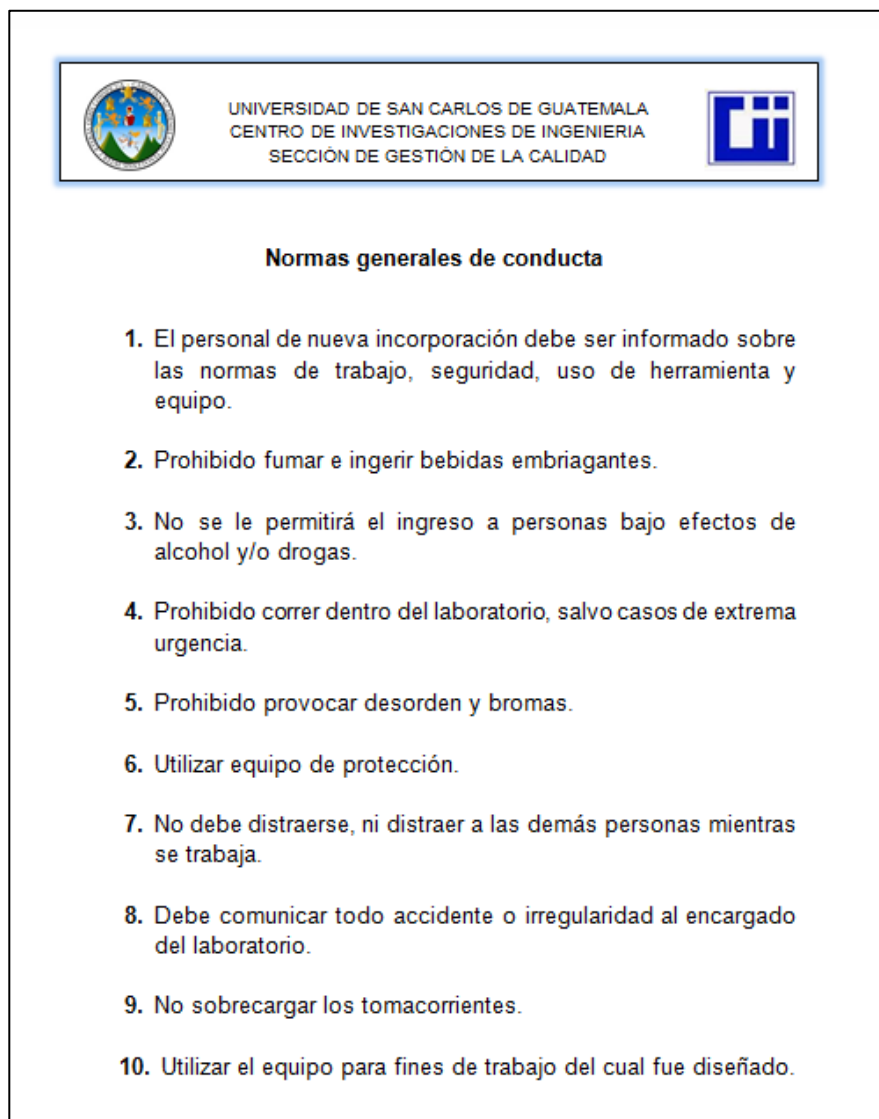
Las reglas son indispensables en un laboratorio, debido a la formación profesional que deben de tener todos los estudiantes y personas que lo utilicen, principalmente por resguardar la integridad física de las personas que entren algún laboratorio y además para la preservación de la maquinaria y el equipo.

El reglamento de laboratorio debe de trasladarse e informarse a los estudiantes que ingresarán a sus instalaciones, independientemente de su ubicación. Además de instalarse de manera física el reglamento y que se encuentre a la vista dentro de las instalaciones.

### 2.3.1. Normas de laboratorio


En las normas se generalizan para todo el personal que ingresa a determinada área donde se realizará el trabajo experimental.

Figura 15. Normas generales de conducta




Fuente: elaboración propia.

Figura 16. **Condiciones ambientales del laboratorio, orden y limpieza**



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
CENTRO DE INVESTIGACIONES DE INGENIERIA  
SECCIÓN DE GESTIÓN DE LA CALIDAD





**Condiciones ambientales del laboratorio orden y limpieza**

1. Mantener limpia y ordenada el área de trabajo.
2. No sobrecargar las áreas de almacenamiento.
3. Mantener libres de obstáculos las áreas de paso.
4. No bloquear los extintores.
5. No dejar objetos tirados en el suelo y evitar que se derramen líquidos en la mesa de trabajo.
6. Colocar siempre los residuos y la basura en contenedores y recipientes adecuados.
7. Recoger y ordenar los componentes químicos, materiales y útiles de trabajo al terminar de utilizarlos en la práctica.
8. Abrir una gaveta a la vez, para evitar accidentes.
9. Informar inmediatamente al encargado del laboratorio cuando algún equipo sufra algún desperfecto o daño.
10. Limpiar y almacenar correctamente el material, equipo después de utilizarlos, de acuerdo con las instrucciones que se imparten por parte del encargado del laboratorio.



Fuente: elaboración propia.

Figura 17. Listado de registro de ingreso a la planta piloto

|  <div style="display: inline-block; vertical-align: middle; text-align: center;"> <p>UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA<br/>CENTRO DE INVESTIGACIONES DE INGENIERIA<br/>SECCIÓN DE GESTIÓN DE LA CALIDAD</p> </div>   |                   |                   |         |          |                        |       |                           |  |                      |  |  |  |   |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |    |  |  |  |  |  |    |  |  |  |  |  |    |  |  |  |  |  |    |  |  |  |  |  |    |  |  |  |  |  |    |  |  |  |  |  |    |  |  |  |  |  |    |  |  |  |  |  |    |  |  |  |  |  |    |  |  |  |  |  |    |  |  |  |  |  |
|---|-------------------|-------------------|---------|----------|------------------------|-------|---------------------------|--|----------------------|--|--|--|---|--|--|--|--|--|---|--|--|--|--|--|---|--|--|--|--|--|---|--|--|--|--|--|---|--|--|--|--|--|---|--|--|--|--|--|---|--|--|--|--|--|---|--|--|--|--|--|----|--|--|--|--|--|----|--|--|--|--|--|----|--|--|--|--|--|----|--|--|--|--|--|----|--|--|--|--|--|----|--|--|--|--|--|----|--|--|--|--|--|----|--|--|--|--|--|----|--|--|--|--|--|----|--|--|--|--|--|----|--|--|--|--|--|
| <b>REGISTRO DE INGRESO - PLANTA PILOTO DE PRODUCCIÓN-</b>   |                   |                   |         |          |                        |       |                           |  |                      |  |  |  |   |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |    |  |  |  |  |  |    |  |  |  |  |  |    |  |  |  |  |  |    |  |  |  |  |  |    |  |  |  |  |  |    |  |  |  |  |  |    |  |  |  |  |  |    |  |  |  |  |  |    |  |  |  |  |  |    |  |  |  |  |  |    |  |  |  |  |  |
| <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 50%;">Fecha:</td> <td style="width: 50%;">Hora:</td> </tr> <tr> <td colspan="2">Curso:</td> </tr> <tr> <td colspan="2">Responsable del grupo:</td> </tr> <tr> <td colspan="2">Encargado de laboratorio:</td> </tr> <tr> <td colspan="2">Producto a elaborar:</td> </tr> </table>  | Fecha:            | Hora:             | Curso:  |          | Responsable del grupo: |       | Encargado de laboratorio: |  | Producto a elaborar: |  |  |  |   |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |    |  |  |  |  |  |    |  |  |  |  |  |    |  |  |  |  |  |    |  |  |  |  |  |    |  |  |  |  |  |    |  |  |  |  |  |    |  |  |  |  |  |    |  |  |  |  |  |    |  |  |  |  |  |    |  |  |  |  |  |    |  |  |  |  |  |
| Fecha:  | Hora:             |                   |         |          |                        |       |                           |  |                      |  |  |  |   |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |    |  |  |  |  |  |    |  |  |  |  |  |    |  |  |  |  |  |    |  |  |  |  |  |    |  |  |  |  |  |    |  |  |  |  |  |    |  |  |  |  |  |    |  |  |  |  |  |    |  |  |  |  |  |    |  |  |  |  |  |    |  |  |  |  |  |
| Curso:  |                   |                   |         |          |                        |       |                           |  |                      |  |  |  |   |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |    |  |  |  |  |  |    |  |  |  |  |  |    |  |  |  |  |  |    |  |  |  |  |  |    |  |  |  |  |  |    |  |  |  |  |  |    |  |  |  |  |  |    |  |  |  |  |  |    |  |  |  |  |  |    |  |  |  |  |  |    |  |  |  |  |  |
| Responsable del grupo:  |                   |                   |         |          |                        |       |                           |  |                      |  |  |  |   |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |    |  |  |  |  |  |    |  |  |  |  |  |    |  |  |  |  |  |    |  |  |  |  |  |    |  |  |  |  |  |    |  |  |  |  |  |    |  |  |  |  |  |    |  |  |  |  |  |    |  |  |  |  |  |    |  |  |  |  |  |    |  |  |  |  |  |
| Encargado de laboratorio:   |                   |                   |         |          |                        |       |                           |  |                      |  |  |  |   |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |    |  |  |  |  |  |    |  |  |  |  |  |    |  |  |  |  |  |    |  |  |  |  |  |    |  |  |  |  |  |    |  |  |  |  |  |    |  |  |  |  |  |    |  |  |  |  |  |    |  |  |  |  |  |    |  |  |  |  |  |    |  |  |  |  |  |
| Producto a elaborar:  |                   |                   |         |          |                        |       |                           |  |                      |  |  |  |   |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |    |  |  |  |  |  |    |  |  |  |  |  |    |  |  |  |  |  |    |  |  |  |  |  |    |  |  |  |  |  |    |  |  |  |  |  |    |  |  |  |  |  |    |  |  |  |  |  |    |  |  |  |  |  |    |  |  |  |  |  |    |  |  |  |  |  |
| <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="width: 5%;">No.</th> <th style="width: 30%;">Nombre y apellido</th> <th style="width: 10%;">Carné</th> <th style="width: 10%;">Sección</th> <th style="width: 10%;">Teléfono</th> <th style="width: 10%;">Firma</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>1</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>2</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>3</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>4</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>5</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>6</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>7</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>8</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>9</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>10</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>11</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>12</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>13</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>14</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>15</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>16</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>17</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>18</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>19</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>20</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> </tbody> </table> | No.               | Nombre y apellido | Carné   | Sección  | Teléfono               | Firma | 1                         |  |                      |  |  |  | 2 |  |  |  |  |  | 3 |  |  |  |  |  | 4 |  |  |  |  |  | 5 |  |  |  |  |  | 6 |  |  |  |  |  | 7 |  |  |  |  |  | 8 |  |  |  |  |  | 9 |  |  |  |  |  | 10 |  |  |  |  |  | 11 |  |  |  |  |  | 12 |  |  |  |  |  | 13 |  |  |  |  |  | 14 |  |  |  |  |  | 15 |  |  |  |  |  | 16 |  |  |  |  |  | 17 |  |  |  |  |  | 18 |  |  |  |  |  | 19 |  |  |  |  |  | 20 |  |  |  |  |  |
| No.   | Nombre y apellido | Carné             | Sección | Teléfono | Firma                  |       |                           |  |                      |  |  |  |   |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |    |  |  |  |  |  |    |  |  |  |  |  |    |  |  |  |  |  |    |  |  |  |  |  |    |  |  |  |  |  |    |  |  |  |  |  |    |  |  |  |  |  |    |  |  |  |  |  |    |  |  |  |  |  |    |  |  |  |  |  |    |  |  |  |  |  |
| 1   |                   |                   |         |          |                        |       |                           |  |                      |  |  |  |   |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |    |  |  |  |  |  |    |  |  |  |  |  |    |  |  |  |  |  |    |  |  |  |  |  |    |  |  |  |  |  |    |  |  |  |  |  |    |  |  |  |  |  |    |  |  |  |  |  |    |  |  |  |  |  |    |  |  |  |  |  |    |  |  |  |  |  |
| 2   |                   |                   |         |          |                        |       |                           |  |                      |  |  |  |   |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |    |  |  |  |  |  |    |  |  |  |  |  |    |  |  |  |  |  |    |  |  |  |  |  |    |  |  |  |  |  |    |  |  |  |  |  |    |  |  |  |  |  |    |  |  |  |  |  |    |  |  |  |  |  |    |  |  |  |  |  |    |  |  |  |  |  |
| 3   |                   |                   |         |          |                        |       |                           |  |                      |  |  |  |   |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |    |  |  |  |  |  |    |  |  |  |  |  |    |  |  |  |  |  |    |  |  |  |  |  |    |  |  |  |  |  |    |  |  |  |  |  |    |  |  |  |  |  |    |  |  |  |  |  |    |  |  |  |  |  |    |  |  |  |  |  |    |  |  |  |  |  |
| 4   |                   |                   |         |          |                        |       |                           |  |                      |  |  |  |   |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |    |  |  |  |  |  |    |  |  |  |  |  |    |  |  |  |  |  |    |  |  |  |  |  |    |  |  |  |  |  |    |  |  |  |  |  |    |  |  |  |  |  |    |  |  |  |  |  |    |  |  |  |  |  |    |  |  |  |  |  |    |  |  |  |  |  |
| 5   |                   |                   |         |          |                        |       |                           |  |                      |  |  |  |   |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |    |  |  |  |  |  |    |  |  |  |  |  |    |  |  |  |  |  |    |  |  |  |  |  |    |  |  |  |  |  |    |  |  |  |  |  |    |  |  |  |  |  |    |  |  |  |  |  |    |  |  |  |  |  |    |  |  |  |  |  |    |  |  |  |  |  |
| 6   |                   |                   |         |          |                        |       |                           |  |                      |  |  |  |   |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |    |  |  |  |  |  |    |  |  |  |  |  |    |  |  |  |  |  |    |  |  |  |  |  |    |  |  |  |  |  |    |  |  |  |  |  |    |  |  |  |  |  |    |  |  |  |  |  |    |  |  |  |  |  |    |  |  |  |  |  |    |  |  |  |  |  |
| 7   |                   |                   |         |          |                        |       |                           |  |                      |  |  |  |   |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |    |  |  |  |  |  |    |  |  |  |  |  |    |  |  |  |  |  |    |  |  |  |  |  |    |  |  |  |  |  |    |  |  |  |  |  |    |  |  |  |  |  |    |  |  |  |  |  |    |  |  |  |  |  |    |  |  |  |  |  |    |  |  |  |  |  |
| 8   |                   |                   |         |          |                        |       |                           |  |                      |  |  |  |   |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |    |  |  |  |  |  |    |  |  |  |  |  |    |  |  |  |  |  |    |  |  |  |  |  |    |  |  |  |  |  |    |  |  |  |  |  |    |  |  |  |  |  |    |  |  |  |  |  |    |  |  |  |  |  |    |  |  |  |  |  |    |  |  |  |  |  |
| 9   |                   |                   |         |          |                        |       |                           |  |                      |  |  |  |   |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |    |  |  |  |  |  |    |  |  |  |  |  |    |  |  |  |  |  |    |  |  |  |  |  |    |  |  |  |  |  |    |  |  |  |  |  |    |  |  |  |  |  |    |  |  |  |  |  |    |  |  |  |  |  |    |  |  |  |  |  |    |  |  |  |  |  |
| 10  |                   |                   |         |          |                        |       |                           |  |                      |  |  |  |   |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |    |  |  |  |  |  |    |  |  |  |  |  |    |  |  |  |  |  |    |  |  |  |  |  |    |  |  |  |  |  |    |  |  |  |  |  |    |  |  |  |  |  |    |  |  |  |  |  |    |  |  |  |  |  |    |  |  |  |  |  |    |  |  |  |  |  |
| 11  |                   |                   |         |          |                        |       |                           |  |                      |  |  |  |   |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |    |  |  |  |  |  |    |  |  |  |  |  |    |  |  |  |  |  |    |  |  |  |  |  |    |  |  |  |  |  |    |  |  |  |  |  |    |  |  |  |  |  |    |  |  |  |  |  |    |  |  |  |  |  |    |  |  |  |  |  |    |  |  |  |  |  |
| 12  |                   |                   |         |          |                        |       |                           |  |                      |  |  |  |   |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |    |  |  |  |  |  |    |  |  |  |  |  |    |  |  |  |  |  |    |  |  |  |  |  |    |  |  |  |  |  |    |  |  |  |  |  |    |  |  |  |  |  |    |  |  |  |  |  |    |  |  |  |  |  |    |  |  |  |  |  |    |  |  |  |  |  |
| 13  |                   |                   |         |          |                        |       |                           |  |                      |  |  |  |   |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |    |  |  |  |  |  |    |  |  |  |  |  |    |  |  |  |  |  |    |  |  |  |  |  |    |  |  |  |  |  |    |  |  |  |  |  |    |  |  |  |  |  |    |  |  |  |  |  |    |  |  |  |  |  |    |  |  |  |  |  |    |  |  |  |  |  |
| 14  |                   |                   |         |          |                        |       |                           |  |                      |  |  |  |   |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |    |  |  |  |  |  |    |  |  |  |  |  |    |  |  |  |  |  |    |  |  |  |  |  |    |  |  |  |  |  |    |  |  |  |  |  |    |  |  |  |  |  |    |  |  |  |  |  |    |  |  |  |  |  |    |  |  |  |  |  |    |  |  |  |  |  |
| 15  |                   |                   |         |          |                        |       |                           |  |                      |  |  |  |   |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |    |  |  |  |  |  |    |  |  |  |  |  |    |  |  |  |  |  |    |  |  |  |  |  |    |  |  |  |  |  |    |  |  |  |  |  |    |  |  |  |  |  |    |  |  |  |  |  |    |  |  |  |  |  |    |  |  |  |  |  |    |  |  |  |  |  |
| 16  |                   |                   |         |          |                        |       |                           |  |                      |  |  |  |   |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |    |  |  |  |  |  |    |  |  |  |  |  |    |  |  |  |  |  |    |  |  |  |  |  |    |  |  |  |  |  |    |  |  |  |  |  |    |  |  |  |  |  |    |  |  |  |  |  |    |  |  |  |  |  |    |  |  |  |  |  |    |  |  |  |  |  |
| 17  |                   |                   |         |          |                        |       |                           |  |                      |  |  |  |   |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |    |  |  |  |  |  |    |  |  |  |  |  |    |  |  |  |  |  |    |  |  |  |  |  |    |  |  |  |  |  |    |  |  |  |  |  |    |  |  |  |  |  |    |  |  |  |  |  |    |  |  |  |  |  |    |  |  |  |  |  |    |  |  |  |  |  |
| 18  |                   |                   |         |          |                        |       |                           |  |                      |  |  |  |   |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |    |  |  |  |  |  |    |  |  |  |  |  |    |  |  |  |  |  |    |  |  |  |  |  |    |  |  |  |  |  |    |  |  |  |  |  |    |  |  |  |  |  |    |  |  |  |  |  |    |  |  |  |  |  |    |  |  |  |  |  |    |  |  |  |  |  |
| 19  |                   |                   |         |          |                        |       |                           |  |                      |  |  |  |   |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |    |  |  |  |  |  |    |  |  |  |  |  |    |  |  |  |  |  |    |  |  |  |  |  |    |  |  |  |  |  |    |  |  |  |  |  |    |  |  |  |  |  |    |  |  |  |  |  |    |  |  |  |  |  |    |  |  |  |  |  |    |  |  |  |  |  |
| 20  |                   |                   |         |          |                        |       |                           |  |                      |  |  |  |   |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |    |  |  |  |  |  |    |  |  |  |  |  |    |  |  |  |  |  |    |  |  |  |  |  |    |  |  |  |  |  |    |  |  |  |  |  |    |  |  |  |  |  |    |  |  |  |  |  |    |  |  |  |  |  |    |  |  |  |  |  |    |  |  |  |  |  |

Fuente: elaboración propia.

Figura 18. **Formato para el control de uso de materia prima en la planta piloto**

|   |   |   |                 |
|---|---|---|-----------------|
|                  | UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA<br>CENTRO DE INVESTIGACIONES DE INGENIERIA<br>SECCION DE GESTION DE LA CALIDAD |  |                 |
| <b>CONTROL PARA EL USO DE MATERIA PRIMA<br/>                 - PLANTA PILOTO DE PRODUCCIÓN-</b>   |   |   |                 |
| Fecha:  |   | Hora:   |                 |
| Curso:  |   |   |                 |
| Responsable del grupo:  |   |   |                 |
| Encargado de laboratorio:   |   |   |                 |
| Producto a elaborar:  |   |   |                 |
|   |   |   |                 |
| <b>DESCRIPCIÓN</b>  | <b>CANTIDAD</b>   | <b>DESCRIPCIÓN</b>  | <b>CANTIDAD</b> |
| <b>DESINFECTANTE</b>  |   | <b>JABÓN LÍQUIDO</b>  |                 |
| Nonilfenol  |   | Texapon   |                 |
| Alcohol Isopropílico  |   | Dietanolamina   |                 |
| Amonio cuaternario  |   | Cloruro de sodio  |                 |
| Propilenglicol  |   | Propilparaben   |                 |
| Color vegetal   |   | Metil parabén   |                 |
| Aroma   |   | Glicerina   |                 |
| Otros   |   | Fragancia   |                 |
|   |   | Otros   |                 |
| Limpieza de area, maquinaria y equipo:    Sí <input type="checkbox"/> NO <input type="checkbox"/> |   |   |                 |
| Cantidad Producida:   |   |   |                 |
| Observaciones:  |   |   |                 |
|   |   |   |                 |
|   |   |   |                 |
|   |   |   |                 |

Fuente: elaboración propia.

### 2.3.2. Seguridad industrial

La seguridad industrial es indispensable en todo tipo de laboratorios para minimizar el riesgo que pueda tener una persona de sufrir un accidente, para salvaguardar la integridad física de las personas, teniendo en cuenta los lineamientos generales que se establecen y poder trabajar de una forma segura.

En el laboratorio se debe contar con la señalización básica adecuada, que sea fácil de visualizar en cualquier punto que se encuentre ubicada la persona que ingrese a las instalaciones, para que sea claramente visible y pueda ser percibido inmediatamente por las personas al momento de ingresar a un área donde exista riesgo, o bien que pueda identificar las rutas de evacuación y las instalaciones de extintores en el caso de algún siniestro; algunas de las señalizaciones se colocan a continuación:

Figura 19. **Uso obligatorio de equipo de protección personal**



Fuente: *Extintidores*. <http://tuextinguidor.com.ni/images/categories/uso-epp.jpg>.

Consulta: noviembre de 2014.



Figura 20. **Letrero extintor**



Fuente: *Señales de seguridad industrial.*

[http://static.deskidea.net/es/img2/2011/07/737616\\_placa\\_archivo\\_2000\\_pvc\\_senal\\_extintor-34081.jpg](http://static.deskidea.net/es/img2/2011/07/737616_placa_archivo_2000_pvc_senal_extintor-34081.jpg). Consulta: noviembre 2014.

Figura 21. **Letrero ruta de evacuación**



Fuente: *Seguridad Industrial.* [http://www.vulcanoseguridadindustrial.com.co/wp-content/uploads/2012/06/seguridad\\_industrial\\_colombia\\_ruta\\_evacuacion.jpg](http://www.vulcanoseguridadindustrial.com.co/wp-content/uploads/2012/06/seguridad_industrial_colombia_ruta_evacuacion.jpg). Consulta: noviembre de 2014.

Figura 22. **Letrero punto de reunión**



Fuente: *Carteles de seguridad*. <http://www.cartelesseguridadsg.com.ar/FotosGd/80.jpg>.  
Consulta: noviembre de 2014.

Figura 23. **Señalización industrial área de trabajo**



Fuente: *Señalización industrial*.  
[http://www.ergomat.com/global/images/product\\_bloc\\_durastripe\\_hazard.jpg](http://www.ergomat.com/global/images/product_bloc_durastripe_hazard.jpg). Consulta:  
noviembre de 2014.

### **2.3.3. Equipo de protección personal**

Para proteger la integridad de las personas dentro de un área de trabajo se debe de utilizar el equipo de protección personal (EPP) para evitar lesiones que puedan ocasionar daños graves a la persona.

El equipo básico de protección personal para el laboratorio de SGC se lista a continuación:

#### **2.3.3.1. Casco**

El casco de seguridad tiene como finalidad proteger la cabeza de la persona que este propensa en su lugar a de trabajo a sufrir un golpe o lesión. Su clasificación y uso dependen de la utilidad de la que se requiera.

Figura 24. **Casco protector**

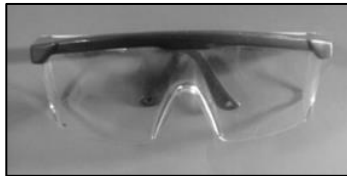


Fuente: Área de ensayos, sección de Gestión de la Calidad, CII/USAC.

### **2.3.3.2. Gafas protectoras**

La funcionalidad de este equipo de protección es de proteger los ojos de cualquier daño que estos puedan sufrir debido a que puede entrar un objeto y ocasionarle lesiones incluso irrevertibles.

Figura 25. **Gafas protectoras**



Fuente: Área de ensayos, sección de Gestión de la Calidad, CII/USAC.

### **2.3.3.3. Orejeras**

Los protectores auditivos reducen la intensidad del ruido de la maquinaria o de donde se origine, cuando este sobrepasa el límite permisible para reducir y evitar daños en los oídos.

Figura 26. **Orejeras**



Fuente: Área de ensayos, sección de Gestión de la Calidad, CII/USAC.

#### **2.3.3.4. Botas industriales**

El calzado de seguridad brinda protección a los pies de la persona que se encuentra en su área de trabajo, evitando el impacto directo de los objetos, resbalones o deslizamiento en las superficies inestables.

Figura 27. **Botas industriales**



Fuente: Bota de seguridad. <http://tienda.mangind.com/245-475-thickbox/bota-seguridad-amarilla.jpg>. Consulta: noviembre de 2014.

#### **2.3.3.5. Bata de trabajo**

Se usa como protección de la piel, el vestuario de sustancias que pueden derramarse o salpicar sobre la persona que se encuentra trabajando, debe llevarse siempre abrochada.

Figura 28. **Bata de trabajo**

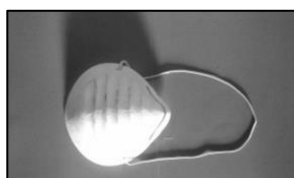


Fuente: *Bata blanca*. <http://www.equipamientolaboral.com/wp-content/uploads/2013/09/bata-trabajo-blanca-workteam-b3012.jpg>. Consulta: noviembre de 2014.

### **2.3.3.6. Mascarilla**

Son mascarillas que cubren la nariz y la boca, se utilizan para la protección de partículas, polvo que se encuentran en el ambiente.

Figura 29. **Mascarilla desechable**



Fuente: Área de ensayos, sección de Gestión de la Calidad, CII/USAC.

### **2.3.3.7. Guantes de seguridad**

El uso de ese equipo es muy importante al momento de manipular objetos que se encuentren a temperaturas altas y que puedan causar graves quemaduras a las personas.

Figura 30. **Guantes de seguridad para horno**



Fuente: *Guantes de carnaza*. <http://contenedordeplastico.com/wp-content/uploads/2013/08/guantes-de-carnaza-largos-tipo-soldador.jpg>. Consulta: noviembre de 2014.

#### **2.3.4. Buenas prácticas de manufactura**

Son parte de un programa de garantía de calidad que sirve para establecer un procedimiento en el cual se realizará en forma adecuada desde que se obtiene la materia prima hasta que se elabora el producto final.

- Buenas prácticas de manufactura en el proceso:
  - Establecer un programa de mantenimiento preventivo de las máquinas.
  - Analizar, definir e implementar un ritmo de trabajo seguro, contemplando las características fisiológicas de los trabajadores.
  - Establecer entre los servicios de higiene y seguridad del trabajo en forma conjunta con el trabajador, procedimientos de trabajo seguro para desarrollar la tarea, contemplando evitar movimientos: realizados de forma brusca que sean innecesarios y que involucren posturas forzadas.
  - Capacitar a los trabajadores sobre los procedimientos de trabajo seguro.
  - Instruir a los supervisores en el control de la ejecución de las tareas de forma segura.
  - Organizar el trabajo diario teniendo en cuenta las siguientes pautas: rotar al personal en los puestos de trabajo, con el objeto de ejercitar diferentes grupos musculares y niveles de fuerza, para evitar su sobrecarga.
  - Es importante que los puestos de trabajo puedan adaptarse a las distintas alturas y demás dimensiones corporales de los trabajadores, o diseñar puestos de trabajo que se correspondan con las dimensiones del trabajador.

- Reorganizar la distribución de la planta, con el fin de disminuir distancias de traslado.
- Organizar el trabajo diario teniendo en cuenta las siguientes pautas: evitar trabajar manteniendo posturas extremas en forma permanente, por ejemplo, arrodillado o sentado en el piso, con el tronco o la cabeza flexionada, extendida o rotada, y otras. Del mismo modo, evitar mantener una misma postura por largos períodos de tiempo mayor a dos horas, aproximadamente.
- Prevención de accidentes
  - Colocar carteles en las máquinas o puesto de trabajo, señalizando los riesgos presentes, así como las instrucciones sobre su uso adecuado o emplear imágenes que identifiquen procedimientos seguros y no seguros.
  - No introducir las manos, dedos, brazos u otras partes del cuerpo en la zona de funcionamiento de la maquinaria. Mantenerlas todo el tiempo a una distancia prudencial.
  - Usar equipo de protección personal acorde a las características de la tarea y del trabajador.
  - Mantener limpias las distintas partes de las máquinas, elementos y piezas a elaborar, a fin de evitar que se resbalen y provoquen algún accidente al trabajador.
- Prevención en instalaciones
  - Delimitar las áreas de trabajo, de almacenamiento y de circulación peatonal y respetar la señalización.



- Ubicar en forma ordenada los contenedores de los distintos materiales y desechos.
  - Mantener ordenada y limpia el área del puesto de trabajo, prestando especial atención a productos como aceites, grasas y otros que pudieran ocasionar resbalones o caídas.
  - Evitar depositar materiales, máquinas u otros elementos en zonas de circulación.
  - Delimitar la zona de carga, descarga y movimiento de materiales, a fin de evitar daños a terceros y prohibir el ingreso de los mismos a esas zonas durante el desarrollo de las actividades.
  - Capacitar al personal que efectúa en forma manual y mecánica, operaciones de carga, descarga y movimiento de materiales, en técnicas correctas y con procedimientos de trabajo. Llevar un registro de la actividad de capacitación.
  - Analizar, definir e implementar un ritmo de trabajo seguro, contemplando las características fisiológicas de los trabajadores.
- Manejo de electricidad
    - No se debe de intervenir, reparar o inspeccionar los tableros eléctricos sin autorización y conocimiento de la tarea.
    - No utilizar tomacorrientes que no estén normalizados.
    - No utilizar adaptadores de tomacorrientes para no recargar la línea ni eliminar la protección de la descarga a tierra.
    - No tirar de los cables al desenchufar los tomacorrientes.

- Revisar periódicamente que los cables no posean defectos en la aislación ni en los tomacorrientes.
  - No dejar cables eléctricos de alimentación y alargues sobre el piso, y colocarlos en altura mediante tendido aéreo.
  - Bloquear de forma segura las máquinas, equipos y herramientas en operaciones de mantenimiento, reparación, ajustes, revisiones y preparación.
  - No trabajar sobre superficies de piso mojadas o húmedas.
  - Asegurar que las instalaciones eléctricas cuenten con eficiente sistema de puesta a tierra y continuidad de las masas conductoras.
- Orden y limpieza
- Mantener las áreas de trabajo, limpias y ordenadas, constituye un aporte importante para prevenir posibles riesgos y proteger la salud de los trabajadores.
  - Eliminar con rapidez los desperdicios, las manchas de grasa, los residuos de sustancias peligrosas y demás productos residuales que puedan originar accidentes o contaminar el ambiente de trabajo.
  - Almacenar correctamente los productos, procurando no mezclarlos con otras sustancias.
  - Realizar las tareas de almacenamiento en lugares estables y seguros.
  - Utilizar los depósitos solo para los fines establecidos.
  - Limpiar los pisos con productos antideslizantes, señalizando el área durante su proceso.



- Pasillos de circulación
  - Mantener las zonas de paso y salidas libres de obstáculos.
  - No obstruir los pasillos, escaleras, puertas o salidas de emergencia.
  - En caso de incendios, usar las salidas de emergencia.
  - Ante una evacuación, no demorarse para recoger objetos personales, No regresar a la zona evacuada bajo ningún concepto, no correr, gritar, o empujar.

#### **2.4. Situación actual de prácticas del Área de Producción de la Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial**

Los cursos del Área de Producción cuentan con práctica debido a que se hace necesario reforzar el aprendizaje a través de las prácticas en donde se fortalecen los conceptos que los estudiantes adquieren en las clases magistrales de los cursos.



Las prácticas se desarrollan los contenidos de los cursos y se efectúan en las instalaciones en donde se realizan las clases magistrales de la Facultad. La Escuela de Mecánica Industrial cuenta con un área de Programa de Prácticas en la que tiene como encargado al coordinador, quien asigna la programación semestral que se efectuará, además de supervisar a los catedráticos que imparten las practicas los sábados, para que todo se lleve a cabo con profesionalismo y que cumpla con el nivel académico requerido.

Figura 31. **Contenido práctica ingeniería de plantas**

|       | UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA<br>FACULTAD DE INGENIERIA<br>ESCUELA DE INGENIERIA MECÁNICA INDUSTRIAL |  |
|--|---|---|
| <b>PRACTICA DE INGENIERIA DE PLANTAS<br/>                 PRIMER SEMESTRE DEL 2015</b> |   |   |
| <b>PUNTEO DE LA EVALUACIÓN:</b>  |   |   |
| <b>EXAMENES CORTOS.....</b>  | <b>15%</b>  |   |
| <b>HOJAS DE TRABAJOS.....</b>  | <b>10%</b>  |   |
| <b>REPORTES.....</b>   | <b>50%</b>  |   |
| <b>SUMATORIA ZONA.....</b>   | <b>75%</b>  |   |
| <b>PROYECTO FINAL.....</b>   | <b>25%</b>  |   |
|  | <b>100%</b>   |   |
| <b>CONTENIDO PROGRAMÁTICO Y CALENDARIZACIÓN:</b>                                       |   |   |
| No.  | NOMBRE DE LA PRÁCTICA   | FECHAS  |
| 1  | Localización Industrial   | 07/02/2015  |
| 2  | Localización urbana y elementos de una fabrica  | 14/02/2015  |
| 3  | Cartas de Ringelmann  | 21/02/2015  |
| 4  | Edificios industriales  | 28/02/2015  |
| 5  | Techos  | 07/03/2015  |
| 6  | Pisos industriales y Señalización Industrial  | 14/03/2015  |
| 7  | Iluminación   | 21/03/2015  |
| 8  | Ruido y Procesos de Producción  | 11/04/2015  |
| 9  | BPM   | 18/04/2015  |
| 10   | Control de Plagas   | 25/04/2015  |
| 11   | PROYECTO FINAL  | 02/05/2015  |

Fuente: Escuela de Mecánica Industrial, Facultad de Ingeniería.

Figura 32. Contenido práctica ingeniería de métodos



|   |                            |   |            |   |  |
|---|----------------------------|---|------------|---|--|
|  |                            | UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA<br>FACULTAD DE INGENIERÍA<br>ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA INDUSTRIAL |            |  |  |
| <b>PRIMER SEMESTRE 2015</b>   |                            |   |            |   |  |
| <b>PRÁCTICA DEL CURSO: INGENIERÍA DE MÉTODOS</b>                                  |                            |   |            |   |  |
| CÓDIGO:   | 634                        | CREDITOS:   | 6          |   |  |
| ESCUELA:  | Mecánica Industrial        | ÁREA A LA QUE PERTENECE:  | Producción |   |  |
| CÓDIGO PRE-REQUISITO:   | 632, 734                   | CÓDIGO POST-REQUISITO:  | 636, 638   |   |  |
| CATEGORIA:  | Obligatorio                |   |            |   |  |
| CATEDRÁTICO:  |                            | AUXILIAR:   |            |   |  |
| REGISTRO DE PERSONAL:   |                            | REGISTRO DE PERSONAL:   |            |   |  |
| EDIFICIO:   |                            | SECCIÓN:  |            |   |  |
| SALÓN DEL CURSO:  |                            | SALÓN DE LA PRÁCTICA:   |            |   |  |
| HORAS POR SEMANA DEL CURSO:   | 3                          | HORAS POR SEMANA DE LA PRÁCTICA:  | 2          |   |  |
| DÍAS QUE SE IMPARTE EL CURSO:   | Lunes, Miércoles y Viernes | DÍAS QUE SE IMPARTE LA PRÁCTICA:  | Sábados    |   |  |
| HORARIO DEL CURSO:  |                            | HORARIO DE LA PRÁCTICA:   |            |   |  |

**CONTENIDO PROGRAMÁTICO:**

| Núm. | NOMBRE DE LA PRÁCTICA   |
|------|-------------------------|
| 1    | Productividad           |
| 2    | Diagramas de procesos   |
| 3    | Diagrama hombre-máquina |
| 4    | Diagrama bimanual       |
| 5    | Condiciones de trabajo  |
| 6    | Estudio de tiempos      |
| 7    | Métodos de calificación |
| 8    | Balance de líneas       |

Fuente: Escuela de Mecánica Industrial, Facultad de Ingeniería.

Figura 33. Contenido práctica diseño para la producción

|   |                            |   |   |   |  |
|---|----------------------------|---|---|---|--|
|  |                            | UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA<br>FACULTAD DE INGENIERÍA<br>ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA INDUSTRIAL |   |  |  |
| <b>PRÁCTICA DEL CURSO: DISEÑO PARA LA PRODUCCIÓN</b>                              |                            |   |   |   |  |
| CÓDIGO:   | 636                        | CREDITOS:   | 5   |   |  |
| ESCUELA:  | Mecánica Industrial        | ÁREA A LA QUE PERTENECE:  | Producción                                      |   |  |
| CÓDIGO PRE-REQUISITO:   | 634                        | CÓDIGO POST-REQUISITO:  |   |   |  |
| CATEGORIA:  | Obligatorio                |   |   |   |  |
| CATEDRÁTICO:  |                            | AUXILIAR:   |   |   |  |
| REGISTRO DE PERSONAL:   |                            | REGISTRO DE PERSONAL:   |   |   |  |
| EDIFICIO:   |                            | SECCIÓN:  |   |   |  |
| SALÓN DEL CURSO:  |                            | SALÓN DE LA PRÁCTICA:   |   |   |  |
| HORAS POR SEMANA DEL CURSO:   | 3                          | HORAS POR SEMANA DE LA PRÁCTICA:  | 2   |   |  |
| DÍAS QUE SE IMPARTE EL CURSO:   | Lunes, Miércoles y Viernes | DÍAS QUE SE IMPARTE LA PRÁCTICA:  | Sábados   |   |  |
| HORARIO DEL CURSO:  |                            | HORARIO DE LA PRÁCTICA:   | 10:20 A 12:00<br>12:00 A 13:40<br>13:40 A 15:20 |   |  |

**CONTENIDO PROGRAMÁTICO:**

| No. | NOMBRE DE LA PRÁCTICA  |
|-----|--|
| 0   | Descripción general del curso  |
| 1   | Introducción al diseño para la producción                                      |
| 2   | Generación de la idea a partir de un problema o una necesidad                  |
| 3   | Creatividad en el desarrollo de los productos                                  |
| 4   | Diseño del concepto del producto, el proceso de desarrollo de nuevos productos |
| 5   | La selección del proceso y tecnología  |
| 6   | Diseño del concepto del producto   |
| 7   | Diseño de las operaciones de servicio  |
| 8   | Capacidad, punto de equilibrio y valoración económica del diseño               |
| 9   | Etiquetado, envase y embalaje  |



Fuente: Escuela de Mecánica Industrial, Facultad de Ingeniería.

Figura 34. Contenido práctica controles industriales

| No. | NOMBRE DE LA PRÁCTICA  | FECHAS          |
|-----|--|-----------------|
| 1   | ✓ Calidad Total en las organizaciones.   | 07/02/2015      |
| 2   | ✓ Planificación, aseguramiento, mejoramiento y control de la calidad.  | 14/02/2015      |
|     | ✓ Costos relacionados con la consecución de la calidad.  | y               |
|     | ✓ Interpretación de las necesidades del cliente, diseño de productos   | 21/02/2015      |
| 3   | ✓ Modelos y herramientas de Negocio, Calidad y Excelencia  | 28/02/2015      |
|     | ✓ Sistemas Integrados de Gestión (Normas ISO)  |                 |
| 4   | ✓ Mejoramiento de la calidad metodología seis sigma  | 07/03/2015      |
| 5   | ✓ Foro de Calidad Total (Proyecto de aplicación)   | 14/03/2015      |
| 6   | <b>Métodos estadísticos para el control de proceso:</b>  | 11/04/2015      |
|     | ✓ Análisis para determinar capacidad y estabilidad de los procesos en las empresas. (estudio de casos reales)  | y<br>18/04/2015 |
| 7   | <b>Fundamento de muestreo de aceptación para materiales, materia prima y producto terminado:</b>   | 25/04/2015      |
|     | ✓ Estudio de procedimientos para la aceptación de lotes en las unidades de producción e identifique los aspectos a tomar en cuenta en el diseño de los procedimientos de inspección por muestreo | y<br>02/04/2015 |
| 8   | ✓ Entrega de Proyecto final  | 02/05/2015      |

Fuente: Escuela de Mecánica Industrial, Facultad de Ingeniería.


Figura 35. Contenido práctica control de la producción

|  UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA<br>FACULTAD DE INGENIERIA<br>ESCUELA DE INGENIERIA MECÁNICA INDUSTRIAL<br>PRIMER SEMESTRE 2015  |  |            |
|--|--|------------|
| <b>ESTRUCTURA DE LOS REPORTES</b>  |  |            |
| ELEMENTO   | PONDERACION  |            |
| PRESENTACIÓN   | 5  |            |
| INTRODUCCIÓN   | 5  |            |
| JUSTIFICACIÓN  | 5  |            |
| OBJETIVOS (1 general y mínimo 3 específicos)   | 10   |            |
| MARCO TEÓRICO  | 10   |            |
| <b>MARCO PRÁCTICO (individual)</b>   | <b>40</b>  |            |
| <b>CONCLUSIONES (individual)</b>   | <b>10</b>  |            |
| RECOMENDACIONES  | 5  |            |
| BIBLIOGRAFÍA   | 5  |            |
| ANEXOS   | 5  |            |
| <b>NOTA FINAL</b>  | <b>100 puntos</b>  |            |
| <b>PROGRAMACIÓN Y CALENDARIZACIÓN</b>  |  |            |
| No.  | NOMBRE DE LA PRÁCTICA  | FECHAS     |
| PRONÓSTICOS I  | Series Estables y Modelos de Correlación                     | 7/02/2015  |
| PRONÓSTICOS II   | Series Estacionales y Familias Combinadas                    | 14/02/2015 |
| PLANEACIÓN DE LAS OPERACIONES I  | Fabricación de un producto                                   | 21/02/2015 |
| PLANEACIÓN DE LAS OPERACIONES II   | Fabricación de dos o más productos                           | 28/02/2015 |
| MANEJO DE MATERIALES I   | Gestión del Inventario                                       | 7/03/2015  |
| MANEJO DE MATERIALES II  | Gestión del Inventario segunda parte                         | 14/03/2015 |
| PLANEACIÓN DE LA PRODUCCIÓN INTERMITENTE   | Diagramas de Gantt   | 21/03/2015 |
| PROGRAMACIÓN DE LA PRODUCCIÓN  | Asignación de Tareas   | 11/04/2015 |
| ANÁLISIS DE SISTEMAS DE PRODUCCIÓN   | Sistemas de producción tradicional y teoría de restricciones | 18/04/2015 |
| -  | Examen final y presentación de proyectos grupales            | 25/04/2015 |

Fuente: Escuela de Mecánica Industrial, Facultad de Ingeniería.



Figura 36. Contenido práctica ingeniería de la producción

| FACULTAD DE INGENIERÍA<br>ESCUELA DE MECÁNICA INDUSTRIAL<br>ÁREA DE PRODUCCIÓN<br>LABORATORIO INGENIERÍA DE LA PRODUCCIÓN<br>SECCIÓN "A" Y "N"<br>AUX. MARIA ISABEL SANDOVAL RECINOS |   |                   |                    |                          |
|--|---|-------------------|--------------------|--------------------------|
|   |   |                   |                    |                          |
| <b>CRONOGRAMA DE PRÁCTICAS</b>   |   |                   |                    |                          |
| No de práctica   | Nombre de la practica   | Fecha de práctica | Entrega de reporte | Encargado de la práctica |
| 1  | Diseño de la Producción   | 7 de Febrero      | 14 de Febrero      | Isabel Sandoval          |
| 2  | Localización industrial<br>-Metropolitana<br>-Plan de Ordenamiento territorial (POT)<br>-Centro de Gravedad<br>-Por ponderación<br>-Punto de equilibrio | 14 de Febrero     | 21 de Febrero      | Enio Ortiz               |
| 3  | Techos industriales y Ventilación   | 21 de Febrero     | 28 de Febrero      | Isabel Sandoval          |
| 4  | Iluminación<br>Ruido percibido por el operario<br>Ruido de maquinaria   | 28 de Febrero     | 7 de Marzo         | Enio Ortiz               |
| 5  | Diagramas<br>-Diagrama de operaciones<br>-Diagrama de Flujo de Operaciones.<br>-Diagrama de Recorrido   | 7 de Marzo        | 14 de Marzo        | Isabel Sandoval          |
| <b>PRIMER PARCIAL</b><br>14 de Marzo<br><b>Entrega primera tarea</b>   |   |                   |                    |                          |
| 6  | Balance de Líneas   | 21 de Marzo       | 11 de Abril        | Enio Ortiz               |
| 7  | Estados Financieros   | 11 de Abril       | 18 de Abril        | Isabel Sandoval          |
| 8  | Punto de Equilibrio<br>Ingeniería Financiera  | 18 de Abril       | 25 de Abril        | Enio Ortiz               |
| 9  | CPM y PERT<br>Programación Lineal (método Gráfico)  | 25 de Abril       | 2 de Mayo          | Isabel Sandoval          |
| <b>SEGUNDO PARCIAL</b><br>2 de Mayo<br><b>Entrega segunda tarea</b>  |   |                   |                    |                          |

Fuente: Escuela de Mecánica Industrial, Facultad de Ingeniería.

## 2.4.1. Contenido práctica Seguridad e Higiene Industrial

Actualmente en el curso no se imparte práctica programada, únicamente se imparten de forma semestral, dependiendo de la programación, la práctica de señalización industrial en los laboratorios de mecánica con que cuenta la Facultad y de la práctica de uso y manejo de extintores.

Figura 37. Contenido del curso de Seguridad e Higiene Industrial

|  <br>UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA<br>FACULTAD DE INGENIERIA<br>ESCUELA DE INGENIERIA MECÁNICA INDUSTRIAL |                     |                                     |            |
|---|---------------------|-------------------------------------|------------|
| NOMBRE DEL CURSO: SEGURIDAD E HIGIENE INDUSTRIAL  |                     |                                     |            |
| CODIGO:   | 0642                | CREDITOS:                           | 3          |
| ESCUELA:  | Mecánica Industrial | AREA A LA QUE PERTENECE:            | PRODUCCIÓN |
| PRE REQUISITO:  | 202                 | POST REQUISITO:                     | No tiene   |
| CATEGORIA:  | Obligatorio         |                                     |            |
| CATEDRÁTICO:  |                     | AUXILIAR:                           |            |
| EDIFICIO:   |                     | SECCIÓN:                            |            |
| SALON DEL CURSO:  |                     | SALON DEL LABORATORIO:              |            |
| HORAS POR SEMANA DEL CURSO:   | 2                   | HORAS POR SEMANA DEL LABORATORIO:   | 2          |
| DÍAS QUE SE IMPARTE EL CURSO:   | Martes y jueves     | DÍAS QUE SE IMPARTE EL LABORATORIO: |            |
| HORARIO DEL CURSO:  |                     | HORARIO LABORATORIO:                | DEL        |

**DESCRIPCIÓN DEL CURSO:**

Seguridad e Higiene Industrial es un curso teórico y práctico dirigido a estudiantes de ingeniería enfocado al combate del riesgo en el trabajo mediante la identificación y comprensión de las causas y efectos de los accidentes y de las enfermedades profesionales, el concepto es extensivo a toda actividad económica con inclusión de impactos ambientales y sociales.

**OBJETIVO GENERAL:**

Que el estudiante de ingeniería sea capaz de aplicar los conceptos de seguridad e higiene enfocados al lugar de trabajo y su entorno.


**OBJETIVOS ESPECÍFICOS:**

Que el estudiante sea capaz de:


1. Identificar y corregir el riesgo, sus etapas, agentes, causas y efectos.
2. Identificar las causas de enfermedades profesionales.
3. Planificar, controlar y evaluar el sistema de gestión de seguridad e higiene industrial.
4. Proponer soluciones oportunas en el desarrollo de temas de seguridad e higiene industrial.

Versión 2011 Seguridad e Higiene Industrial 1

Continuación de la figura 37.



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
FACULTAD DE INGENIERIA  
ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA INDUSTRIAL



---

**CALENDARIZACIÓN:**

- A. Mediante **8** sesiones, se cubrirá la unidad cero (0) y la primera unidad.
- B. El primer examen parcial se realizará sobre la unidad cero (0) y la primera unidad.
- C. Mediante **16** sesiones, se cubrirá la segunda unidad y los temas 21 y 22 de la cuarta unidad.
- D. El segundo examen parcial, se realizará sobre la segunda unidad, y los temas de investigación 21 y 22 de la cuarta unidad.
- E. Mediante **7** sesiones, se cubrirá la tercera unidad, y los temas 23 y 24 de la cuarta unidad; también durante este período se debe preparar el informe final de la práctica o proyecto de investigación, mismo que debe someterse a consulta en calidad de borrador según avance para generar las modificaciones correspondientes.
- F. El tercer examen parcial se realizará sobre la tercera unidad, y los temas 23 y 24 de la cuarta unidad.
- G. El laboratorio o práctica se realiza en días y horario independiente del asignado a las clases ordinarias, lo cual compromete que el alumno disponga en esta etapa y según su eficacia, hasta 8 horas semanales.
- H. El examen final se realizará en la fecha asignada según el calendario de la Escuela e incluye todo el programa impartido.

**CONTENIDO PROGRAMATICO Y CALENDARIZACIÓN:**

**Unidad 0: EMI**

- Misión
- Visión
- Valores
- Política de calidad
- Código de valores
- Perfil del egresado
- Responsabilidad profesional
- Ética

**Primera Unidad**

Trata sobre el significado del tema de la seguridad industrial, de transferencia de conceptos que persigue que los alumnos profundicen sobre los entes participantes, autoridades, Leyes, normas y características cualitativas y cuantitativas.


- 1. Conceptos básicos: diferencia entre seguridad industrial y salud ocupacional, peligro, riesgo, incidente, etc.
- 2. Marco legal y normativo.
- 3. Gestión del Departamento de Seguridad y Salud Ocupacional desde la base de PHVA (planear, hacer, verificar, actuar)
- 4. Definición de planificación: importancia de la planificación estratégica del Departamento de Seguridad Industrial alineada a la planificación de la empresa.

Versión 2011


Seguridad e Higiene Industrial

3

Continuación de la figura 37.



**EMI**  
Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
FACULTAD DE INGENIERIA  
ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA INDUSTRIAL

---

**Segunda Unidad**

Unidad técnica, de la identificación de causa y efecto de los accidentes, que persigue que los Manejo de cargas alumnos profundicen en el fortalecimiento de las medidas correctivas y soluciones aplicadas, que dan inicio al plan de seguridad.

1. Métodos de análisis de riesgos
2. Identificación de riesgos en los distintos sectores laborales
3. Equipo de protección personal
4. Identificación y manejo de productos peligrosos
5. Señalización
6. Plan de evacuación
7. Fuego y equipos de protección contra incendios
8. Trabajo en alturas

**Tercera Unidad**

Se pretende que el alumno desarrolle cultura de prevención que aunada con las técnicas de solución a necesidades relativas a la seguridad industrial, conforman el marco de planeación de la unidad de trabajo.

1. Manejo de cargas
2. Indicadores de accidentalidad
3. Costos de los accidentes ( incidentes)
4. Formación de brigadas
5. Control de terceros: visitas, proveedores, clientes.
6. Preparación y respuesta ante emergencias
7. Auditoría del Sistema de Gestión de Seguridad y Salud Ocupacional
8. Enfermedades profesionales
9. Ergonomía
10. Salud ocupacional en la empresa
11. Manejo ambiental
12. Seguridad fuera del trabajo

**Tareas mediante investigación:**

Se pretende generar profesionales consientes y acordes con la realidad del país, que por un lado contribuyan con el desarrollo eficaz y por otro, sepan manejar correctamente las variables concurrentes para beneficio de la sociedad, la empresa y el medio ambiente.



**TRABAJO DE APLICACIÓN FINAL**

Versión 2011Seguridad e Higiene Industrial

4

Fuente: EMI. <http://emi.ingenieria.usac.edu.gt/sitio/wp-content/uploads/2011/08/642-seguridad-e-higiene-industrial-julio-2011.pdf>. Consulta: enero de 2015.

Figura 38. **Contenido práctica de administración de personal**

|   |                            |   |                |
|---|----------------------------|---|----------------|
|                              |                            |  |                |
| UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA<br>FACULTAD DE INGENIERÍA<br>ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA INDUSTRIAL |                            |   |                |
| <b>PRÁCTICA DEL CURSO: ADMINISTRACIÓN DE PERSONAL</b>   |                            |   |                |
| CÓDIGO:   | 658                        | CRÉDITOS:   | 3              |
| ESCUELA:  | Mecánica Industrial        | ÁREA A LA QUE PERTENECE:  | Administrativa |
| CÓDIGO PRE-REQUISITO:   | 022                        | CÓDIGO POST-REQUISITO:  |                |
| CATEGORIA:  | Obligatorio                |   |                |
| CATEDRÁTICO:  |                            | AUXILIAR:   |                |
| REGISTRO DE PERSONAL:   |                            | REGISTRO DE PERSONAL:   |                |
| EDIFICIO:   |                            | SECCIÓN:  |                |
| SALÓN DEL CURSO:  |                            | SALÓN DE LA PRÁCTICA:   |                |
| HORAS POR SEMANA DEL CURSO:   | 3                          | HORAS POR SEMANA DE LA PRÁCTICA:  | 2              |
| DÍAS QUE SE IMPARTE EL CURSO:   | Lunes, Miércoles y Viernes | DÍAS QUE SE IMPARTE LA PRÁCTICA:  | Sábados        |
| HORARIO DEL CURSO:  |                            | HORARIO DE LA PRÁCTICA:   |                |

**CONTENIDO PROGRAMÁTICO Y CALENDARIZACIÓN:**

| No. | NOMBRE DE LA PRÁCTICA                               |
|-----|---|
| 0   | Introducción a la práctica                          |
| 1   | Planeación de recursos humanos                      |
| 2   | Reclutamiento, selección y contratación de personal |
| 3   | Inducción   |
| 4   | Evaluación de desempeño                             |
| 5   | Administración de sueldos y salarios                |
| 6   | Prestaciones laborales                              |
| 7   | Sindicatos  |
| 8   | Condiciones laborales                               |
| 9   | Examen final de práctica                            |

Fuente: Catedrático auxiliar de la práctica, Facultad de Ingeniería.

## **2.5. Propuesta de prácticas de laboratorio**

En los laboratorios para docencia se busca el fortalecimiento de los conocimientos adquiridos por los estudiantes, así como el desarrollo de sus habilidades y destrezas para las actividades operativas, laborales y de investigación.

Las prácticas de laboratorio que se realizaron son un instrumento complementario de las prácticas actuales y contenidos de los cursos de ingeniería de plantas, ingeniería de métodos, diseño para la producción, controles industriales, control de la producción, seguridad e higiene industrial, los cuales pertenecen al Área de Producción de EMI. Las prácticas se proponen para ser aplicadas en la línea de producción semiautomática de desinfectantes del Centro de Investigaciones de Ingeniería, que estará bajo la coordinación de la sección de Gestión de la Calidad.

La finalidad es que el estudiante se familiarice con los procesos de producción reales, en el cual al momento de ingresar a la planta piloto este conocerá las normas para ingresar, maquinaria y equipo, materia prima, formulaciones, el producto que se fabrica, el proceso de producción, secuencia, tiempo de fabricación.

La práctica principal para todos los estudiantes de los cursos de producción es la del conocimiento de toda la maquinaria y equipo que se encuentra en las instalaciones, esta es la práctica general introductoria del proceso de producción.

- Práctica introductoria, descripción general

El estudiante conocerá el procedimiento inicial en la elaboración de desinfectantes, teniendo la respectiva formulación que depende de la cantidad que se elaborará, el estudiante determinará el color, aromatizante y lo que se debe agregar a la mezcla, de acuerdo con el producto que se desea obtener. Las formulaciones se deberán realizar en el área asignada con el encargado de laboratorio.

Tabla V. **Materia prima para desinfectante**

| <b>Materia prima</b> | <b>Litro</b>         | <b>Galón</b>         |
|----------------------|----------------------|----------------------|
| Nonilfenol           | 6 ml                 | 25 ml                |
| Alcohol isopropílico | 2,5 ml               | 10 ml                |
| Amonio cuaternario   | 1 ml                 | 4 ml                 |
| Propilenglicol       | 3 ml                 | 12 ml                |
| Color vegetal        | 5 ml                 | 20 ml                |
| Aroma                | 7 ml                 | 25 ml                |
| Agua                 | Ajustar al contenido | Ajustar al contenido |

Fuente: sección de Gestión de la Calidad, Centro de Investigaciones de Ingeniería.

- Maquinaria y equipo
  - Tanque mezclador
  - Filtro
  - Compresor
  - Torqueadora (taponadora)
  - Balanza
  - Mesas de etiquetado
  - Manguera
  - Cristalería

- Actividades a realizar:
  - Calcular la cantidad a utilizar para producir el desinfectante.
  - Realizar el procedimiento de preparación de la maquinaria.
  - Verificar las tapas a los tanques.
  - Verificar la posición de válvulas.
  - Verificar que la tubería esté adecuadamente ajustada.
  - Verificar que las tapas y los tanques estén correctamente instalados.
  
- Para llenar el tanque con agua:
  - Abrir la llave de alimentación de agua.
  - Verificar que esté cerrada la válvula de evacuación del tanque.
  - Cerrar la válvula cuando se alcance el nivel especificado.
  
- Para operar el tanque mezclador:
  - Verificar que la válvula de evacuación del tanque esté cerrada.
  - Cerrar la válvula de agua, cuando se alcance el nivel especificado.
  - Oprimir el interruptor del agitador en la posición encendido para activarlo.
  - Oprimir el interruptor del agitador en la posición apagado para desactivarlo.
  
- Para envasar la composición:
  - Verificar que la válvula de conexión tanque mezclador-llenador esté cerrada.



- Abrir la válvula de salida del tanque mezclador.
  - Abrir la válvula del llenador (envasado).
  - Abrir las válvulas de las boquillas para llenar los envases.
  - Cerrar las válvulas de las boquillas cada que se llegue al nivel deseado del envase.
  - Activar la taponadora, después de colocar los envases.
  - Desactivar taponadora cuando termine el proceso.
- Para realizar el etiquetado:
    - Verificar que las válvulas estén cerradas y el tanque mezclador este vacío.
    - Trasladar los envases a las mesas de etiquetado.
    - Colocar la etiqueta a cada envase.
    - Se inspecciona el producto final.
- Almacenamiento de producto terminado:
    - Se deben de trasladar los productos que cumplieron con los requerimientos de calidad al área de almacenamiento.
- Orden y limpieza:
    - Se debe limpiar toda la maquinaria y mesas de trabajo, verificando que no queden residuos. Esto con la finalidad de preservar el equipo y que se encuentre en óptimas condiciones.

## **2.5.1. Práctica de ingeniería de plantas**

Con los temas del curso el estudiante analiza donde es la mejor ubicación para instalar una fábrica industrial, las instalaciones, operaciones básicas, procesos de producción de una planta, así como la introducción de estudios de impacto ambiental.

### **2.5.1.1. Práctica 1. Localización industrial**

El proceso de ubicación del lugar adecuado para instalar una planta industrial requiere el análisis de diversos factores económicos, tecnológicos, sociales y de mercado.

Localización metropolitana (urbana): para la aplicación de este método se debe utilizar el manual de localización industrial de la municipalidad de Guatemala, tomando en cuenta la clasificación internacional uniforme CIIU.

Los factores a tomar en cuenta para la localización industrial urbana son los siguientes:

- Factores para la localización industrial
  - Núm. trabajadores
  - Peso de materiales
  - Ruido
  - Humo
  - Incendio y explosión
  - Desechos líquidos
  - Desechos sólidos

- Transporte
  - Tránsito
  - Integración arquitectónica
  - Efectos
- Ejemplo práctico: determinar la zona industrial de una empresa con las siguientes características: método reglamento específico de localización industrial del municipio de Guatemala. Empresa de fabricación de productos de limpieza, se encarga de elaborar desinfectantes y jabón líquido de manos.

Tabla VI. **Datos de la empresa para localización industrial**

|                            |                        |
|----------------------------|------------------------|
| Núm. trabajadores          | 4                      |
| Peso de materiales         | 800 Kg                 |
| Ruido                      | 60 db                  |
| Humo                       | 0                      |
| Incendio y explosión       | Poco probable          |
| Desechos líquidos          | Requiere tratamiento   |
| Desechos sólidos           | Minerales no metálicos |
| Transporte                 | Vial <i>Pick up</i>    |
| Transito                   | 5 v/h                  |
| Integración arquitectónica | A                      |
| Efectos                    | Neutro                 |

Fuente: elaboración propia.

- Pasos a seguir
  - Actividad: producción de desinfectantes.
  - Se busca en su grupo en clasificación internacional uniforme – CIIU.
  - Agrupación grupo: 319

- Subgrupo: 3191, fabricación de insecticidas, fungicidas y desinfectantes.
- Grupo industrial (cuadro 1): grupo 9
- Categoría industrial (cuadro 2)
- Personal 4 trabajadores: I
- Ruido (60 db): V
- Peso equipo (800 Kg.): II
- Tránsito (5 v/h): I
- Categoría V
- Obteniendo el valor de matriz de localización industrial (cuadro 3) con resultados paso 3 y 4 queda como resultado F.
- Buscando en zona de tolerancia industrial. Se busca la categoría tolerada con la intersección del grupo al que pertenece, con este dato se obtiene la zona de tolerancia Industrial. En la columna de grupo tolerado debe de estar el número de grupo industrial.
- Zona industrial: I-16

- Caso práctico

- Aplicar el método de localización industrial urbana a la línea de producción de productos de limpieza.
- Determinar por medio de mediciones y observación directa, los datos necesarios para aplicar el método de localización industrial.
- Complementar los datos con el ejemplo práctico.
- Determinar si el lugar en el que se encuentra ubicada la planta es el mejor lugar posible en el que debería funcionar o si se debe reubicar al lugar donde indica el reglamento de la municipalidad.

### 2.5.1.2. Práctica 2. Edificios industriales

Los edificios industriales son todas las estructuras diseñadas para satisfacer funcionalmente las necesidades de la industria, tomando en consideración las áreas productivas e improductivas necesarias para el funcionamiento óptimo.

Cuando se diseña un edificio industrial se debe tomar en cuenta:

- Pisos
- Techos
- Iluminación
- Ventilación
- Pinturas
- Paredes
- Manejo de materiales
- Disposición de maquinaria
- Tipos de edificios:
  - Construcción de primera categoría: su construcción principal es de concreto armado y relleno de hormigón, transmitiendo sus fuerzas hacia las zapatas individuales del mismo material. Los techos y entresijos pueden ser de losas de hormigón armado o nervado, siendo estas del tipo concreto pretensado, las cuales se apoyan sobre vigas y columnas del mismo material, los edificios pueden ser de 1 o 2 niveles.
  - Construcción de segunda categoría: en este tipo de construcción predomina el acero estructural con una combinación del concreto

armado en cantidades menores, ya que este último servirá de apoyo a las columnas de acero y a los tabiques de relleno. La cubierta superior del edificio puede ser lámina de zinc, de aluzinc, de asbesto cemento, o en algunas secciones de losa de concreto armado.

- Edificios de tercera categoría: la madera es el material que más se utiliza para la construcción de este tipo de edificios. La cubierta superior puede ser de lámina de zinc o asbesto y en algunos casos de lámina ondulada de cartón impermeable. Sus pisos son de hormigón rustico.
  
- Techos Industriales: el techo es lo que cubre y protege de todos los factores climatológicos de la intemperie a toda la construcción en la parte superior, la forma y materiales a utilizar dependen del tipo de industria, del proceso de producción y funcionamiento del edificio. Los factores determinantes de un techo son impermeabilidad, duración, seguridad, pendientes, aislamiento térmico y acústico; el techo necesita de dos elementos básicos: la cubierta y la estructura.
  - Los tipos más comunes de techos son:
    - ✓ Techos de dos aguas
    - ✓ Techos curvos
    - ✓ Techos de dientes de sierra

- Ejemplo práctico

- Calcular la cubierta total necesaria para un edificio industrial que tiene un techo diente de sierra, con láminas metálicas, las dimensiones de la planta son de 20 m de ancho, 30 m de largo y 10 m de alto. Calcular la cubierta total usando lámina estándar de 2,67' x 14'.

- Calculando el número de dientes:

$$X = \frac{2}{\tan 25^\circ} = 4,29 \text{ m}$$

$$h = \frac{2}{\sin 25^\circ} = 4,73 \text{ m}$$

$$\text{Número de dientes} = \frac{30 \text{ m}}{4,29} = 7 \text{ dientes}$$

- Se calcula el área de diente:

$$A (\text{diente}) = (\text{Ancho})(h)$$

$$A (\text{diente}) = (20)(4,73)$$

$$A (\text{diente}) = 94,6 \text{ m}^2$$

- Total de área a cubrir =  $(94,6)(7) = 662,2 \text{ m}^2$

- Número de láminas a utilizar:

$$NL = \frac{A \text{ total}}{A \text{ l + lámina}}$$

$$NL = \frac{662,2}{2,96} = 154,35 = 155 \text{ láminas}$$

- Número de láminas transparentes:

$$NLT = (0,20)(155) = 31 \text{ láminas}$$

- Número de láminas estándar:

$$NLE = 155 - 31 = 124 \text{ láminas}$$

Conclusión: para realizar la cubierta del techo dientes de sierra del edificio industrial se necesitarán 124 láminas de 2,67' \* 14'.

- Caso práctico
  - Medir el área total que ocupa la línea de producción, incluyendo Producción y oficinas administrativas.
  - Con los datos obtenidos calcular la cubierta total necesaria para un edificio industrial para colocar techo diente de sierra, con láminas metálicas, utilizar 10 m de alto. Calcular la cubierta total usando lamina estándar de 2,67' x 14'
  - Determinar a cuál categoría pertenece el edificio en la que se encuentra la planta de producción.

### **2.5.1.3. Práctica 3. Ventilación y control de ruido**

En todo proceso industrial se requiere una adecuada ventilación, ya que el aire a respirar debe tener buena calidad de oxígeno para no afectar la salud humana. Se debe analizar el proceso mediante el cual el aire es remplazado del interior por el del exterior.



La renovación del aire se puede llevar por medio de:

- Renovación natural: se aprovechan los medios naturales disponibles para introducir aire al interior del edificio, el aire que ingresa al mismo, se renueva a través de ventilación natural.
- Renovación artificial: medios que fueron diseñados para renovar el aire dentro de instalaciones industriales. Esta puede ser estática y dinámica.

La ventilación se mide por el número de veces que cambia el volumen del aire por hora dentro del edificio. El número de cambios por hora está en función del número de personas, tipo de maquinaria, tipo de producción, y temperatura.

Se deben tomar en cuenta los siguientes factores:

- Velocidad promedio del aire
- Dirección dominante
- Variaciones diarias y estacionales de dirección

Tabla VII. **Volumen de aire necesario por persona/hora/metro cúbico**

|                                   |     |
|-----------------------------------|-----|
| Hospitales, salas generales       | 60  |
| Hospitales, salas de heridos      | 100 |
| Hospitales, salas de enfermedades | 150 |
| Talleres                          | 60  |
| Industrial insalubres             | 100 |
| Teatros y salas de reunión        | 50  |
| Escuela de niños                  | 15  |
| Escuela de adultos                | 30  |
| Estancias ordinarias              | 10  |

Fuente: TORRES, Sergio. *Ingeniería de plantas*. p. 81.

Tabla VIII. **Renovación del aire en número de veces/hora**

|                                     |       |
|-------------------------------------|-------|
| Habitaciones ordinarias             | 1     |
| Dormitorios                         | 2     |
| Hospitales, enfermedades comunes    | 3 a 4 |
| Hospitales, enfermedades epidémicas | 5 a 6 |
| Talleres                            | 3 a 4 |
| Teatros                             | 3 a 4 |

Fuente: TORRES, Sergio. *Ingeniería de plantas*. p. 81.

La cantidad de aire que entra al edificio se puede medir a través de la siguiente fórmula:

$$Q = C * A * V$$

Donde

Q: flujo de aire en metros cúbicos por segundo

A: área de paso de la ventana en metros cuadrados

V: velocidad de viento en m/s

C: coeficiente de entrada sobre la ventana

Tabla IX. **Constante c, flujo de aire**

| C           | Características                            |
|-------------|--|
| 0,25 – 0,35 | Cuando el viento sopla longitudinalmente   |
| 0,3 – 0,5   | Cuando el viento sopla perpendicularmente. |

Fuente: TORRES, Sergio. *Ingeniería de plantas*. p. 82.

Teniendo el dato del aire a renovar se calcula el aire necesario para una buena ventilación:

$$CA = V * \text{Núm. R/hora}$$

Donde

CA: caudal del aire necesario en metros cúbicos por hora

V: volumen de aire que se desea renovar

Núm. R/hora: número de renovaciones de aire por hora

Tabla X. **Volumen de aire necesario por persona y por hora en metros cúbicos**

|   |     |
|---|-----|
| Hospitales, salas generales                   | 60  |
| Hospitales, salas de enfermedades infecciosas | 150 |
| Hospitales, sala de heridos                   | 100 |
| Talleres                                      | 60  |
| Teatros y salas de reunión                    | 50  |
| Escuela de niños                              | 15  |
| Escuela de adultos                            | 30  |

Fuente: TORRES, Sergio. *Ingeniería de plantas*. p. 82.

Tabla XI. **Renovación de aire, número de veces por hora**

|                                     |       |
|-------------------------------------|-------|
| Habitaciones ordinarias             | 1     |
| Dormitorios                         | 2     |
| Hospitales, enfermedades, comunes   | 3 a 4 |
| Hospitales, enfermedades epidémicas | 5 a 6 |
| Talleres                            | 3 a 4 |
| Teatros                             | 3 a 4 |

Fuente: TORRES, Sergio. *Ingeniería de plantas*. p. 82.

- Ejemplo práctico
  - Diseñar la ventilación para el espacio designado de 21 m de frente, 46 m de largo y 10 m de altura. La velocidad del viento es de 10 200 m/h. Viento perpendicular.

Solución

$$CA = V * No.R/hora$$

$$CA = (21 m * 46 m * 10 m) * (4) = 38 640 m^3/hora$$

- Área de ventanas

$$Q = C * A * V$$

$$38 640 = (0,5 * A * 10 200m/h)$$

$$A = 7,57 m^2$$

- Dimensiones de ventanas

$$A_p = X * Y$$

Donde

$$X = Largo, Y = Ancho$$

$$A_p = 46 Y \qquad A_p = 21 Y$$

$$Y = 7,57/46 \qquad X = 7,57/21$$

$$Y = 0,16 m \qquad X = 0,36 m$$

- Área por cada ventana

$$A_v = 0,16 * 0,36$$

$$A_v = 0,057 \text{ m}^2$$

- Número de ventanas

$$\text{Núm. de ventanas} = \frac{A_p}{A_v}$$

$$\text{Núm. de ventanas} = \frac{7,57 \text{ m}^2}{0,057 \text{ m}^2}$$

$$\text{Núm. de ventanas} = 132,80 \approx 133$$

Conclusión: se necesitan 133 ventanas de 0,36 m de ancho por 0,16 m de alto.

Ruido: es un sonido que a determinada intensidad y tiempo de exposición produce daños en algunos casos irreversibles en la capacidad auditiva, además de otras reacciones psicológicas y fisiológicas en el organismo.

El decibel es la unidad de medida que mide la intensidad de la presión del sonido. Para la medición de la intensidad del ruido generalmente se utiliza un instrumento de medición se le conoce como decibelímetro.

Tabla XII. **Número de decibeles en promedio, según fuente emisora**

| Decibeles | Fuente emisora         |
|-----------|------------------------|
| 0         | Umbral del oído humano |
| 10        | Campo tranquilo        |
| 20        | Habitación ocupada     |

Continuación de la tabla XII.

|     |                            |
|-----|----------------------------|
| 30  | Biblioteca                 |
| 40  | Dormitorio, área suburbana |
| 50  | Sala de estar              |
| 60  | Conversación corriente     |
| 70  | Aspiradora                 |
| 80  | Calle con tránsito         |
| 90  | Interior de un autobús     |
| 100 | Interior de un tren        |
| 110 | Maquila textil             |
| 120 | Martillo neumático         |
| 130 | Música de rock             |
| 150 | Avión a reacción           |

Fuente: TORRES, Sergio. *Ingeniería de plantas*. p. 112.

Tabla XIII. **Periodo permisible de exposición**

| <b>Decibeles</b> | <b>Tiempo de exposición</b>         |
|------------------|-------------------------------------|
| -90              | Es despreciable                     |
| 90               | 8 hrs                               |
| 95               | 4 hrs                               |
| 100              | 2 hrs                               |
| 105              | 1 hrs                               |
| 110              | 0,5 hrs                             |
| 115              | 0,25 hrs                            |
| 120              | 0,123 hrs                           |
| +120             | Necesita protección contra el ruido |

Fuente: TORRES, Sergio. *Ingeniería de plantas*. p. 114.

- Ejemplo práctico
  - Una planta contiene 4 máquinas A, B, C y D, las cuales producen 100 db en 2 horas, 85 db en 1 hora, 88 db en 1 hora y 95 db en 1 hora, calcular la dosificación del ruido.

Solución:

$$D = \frac{C1}{T1} + \frac{C2}{T2} + \frac{C3}{T3} + \frac{C4}{T4}$$

$$D = \frac{2}{2} + \frac{1}{8} + \frac{1}{8} + \frac{1}{4} = 1.5$$

- Dosificación máxima permitida sería:

$$D = \frac{2}{2} + \frac{8}{8} + \frac{8}{8} + \frac{4}{4} = 4$$

La dosificación de ruido expuesto por el trabajador está por debajo del máximo permitido, por lo que no es necesaria la protección auditiva.

#### 2.5.1.4. Práctica 4. Iluminación industrial

La iluminación industrial de una planta debe de contar con una buena intensidad luminosa y que sea la óptima en costos. Cuando se diseña la iluminación industrial esta debe ser la ideal sin exceder en lo recomendado y que se encuentre en el rango permisible.

Para diseñar una buena iluminación se debe tomar en cuenta el color de las paredes y el techo que contribuyen a una mejor iluminación del ambiente.

Tabla XIV. **Luz reflejada**

| <b>Color</b>   | <b>Reflexión</b> | <b>%</b> |
|----------------|------------------|----------|
| Plata          | Regular          | 80-90    |
| Aluminio       | Regular          | 75-85    |
| Encalado/yeso  | Difusa           | 60-70    |
| Arce           | Difusa           | 60       |
| Hormigón       | Difusa           | 15-40    |
| Nogal          | Difusa           | 15-20    |
| Ladrillo       | Difusa           | 5-25     |
| Esmalte blanco | Mixta            | 70-90    |
| Cromo satinado | Mixta            | 55-58    |

Fuente: TORRES, Sergio. *Ingeniería de plantas*. p. 92.

Flujo luminoso: flujo de luz, independiente de la dirección; por lo general se usa para expresar la producción total de luz de una fuente y para expresar la cantidad incidente sobre una superficie, su unidad es el lumen.

Illuminancia: cantidad de luz a una distancia dada, su unidad es el LUX.

Tabla XV. **Illuminancia recomendada**

| <b>Illuminancia recomendadas</b>                               | <b>Lux</b> |
|--|------------|
| Espacios públicos  | 50         |
| Cuartos para visitas cortas                                    | 100        |
| Lugar de trabajos con tareas visuales ocasionales              | 200        |
| Tareas visuales de alto contraste                              | 500        |
| Tareas visuales de contraste medio                             | 1000       |
| Tareas visuales de bajo contraste                              | 2000       |
| Tareas visuales con objetos pequeños                           | 5000       |
| Tareas visuales muy prolongadas                                | 10000      |
| Tareas especiales de extremado bajo contraste y tamaño pequeño | 20000      |

Fuente: TORRES, Sergio. *Ingeniería de plantas*. p. 92.



Brillantez: es la cantidad de luz independiente de la distancia de observación, dado que las candelas desde el objeto y área del objeto percibido por el ojo humano disminuyen a la misma tasa con la distancia, su unidad es el NIT.

1 NIT= Candela metro cuadrado

Reflectancia: porcentaje de luz reflejada desde una superficie; esta definición no tiene unidad.

Contraste: es la diferencia entre la luminancia de lo más brillante y la luminancia de lo más oscuro, dividido entre la luminancia de los más brillantes.<sup>16</sup>

- Ejemplo práctico:
  - Realizar el análisis para calcular la iluminación media sobre el piso de una planta de producción con los siguientes datos.

Tabla XVI. **Datos para el análisis de iluminación**

|   |
|---|
| Área: 6,85 m de ancho por 9,35 m de largo |
| Iluminación: 10 lámparas de 40 watts      |
| Eficiencia: 60 lumen/watt                 |
| Coefficientes de utilización: 0,34        |
| Factor de depreciación: FC= 1             |

Fuente: elaboración propia.

---

<sup>16</sup> TORRES, Sergio. *Ingeniería de plantas*. p. 94.

- Flujo luminoso:

$$FL = 40w * 60 \frac{lumen}{watt} = 2\ 400\ lumens$$

- Número de luminarias:

$$N = \frac{E * \text{área piso}}{FL * CU * FC}$$

Donde:

N = número de luminarias

E = iluminación en luxes

FL = flujo luminoso en lúmenes por lámpara

CU = coeficiente de utilización (datos de fabricante)

FC = factor de depreciación (datos de fabricante)

$$N = \frac{E * \text{área piso}}{FL * CU * FC}$$

$$10 = \frac{E * (6,85 * 9,35)}{2400 * 0,34 * 1}$$

$$E = \frac{10 * 816}{64,04}$$

$$E = 127,42\ Luxs$$

La iluminación media para esta área es de 127,42 luxes.

- Caso práctico
  - Realizar el cálculo de luminarias necesarias en la planta piloto y definir la luminaria óptima para la planta.
  - Realizar el análisis de piso y pintura industrial de la planta para determinar si la situación actual de la planta es la adecuada.

#### **2.5.1.5. Práctica 5. Diagrama de procesos**

Un diagrama de procesos es la representación gráfica de la secuencia, en la cual se llevan a cabo las tareas. En los diagramas se documenta el proceso y los pasos a seguir en la elaboración de un proceso de producción.

Los diagramas incluyen la información necesaria para ser analizado todo el proceso, como los pasos, secuencias, el tiempo, las inspecciones, el traslado, las demoras, todo con la finalidad de disminuir deficiencias y mejorar el proceso constantemente.




Para lograr estos propósitos se trabaja principalmente en tres diagramas:

- Diagrama de operaciones: “el diagrama muestra la secuencia cronológica de todas las operaciones que son necesarias para producir diferentes productos que se fabrican en una fábrica o taller, inspecciones, márgenes de tiempo y materiales necesarios, abarcando desde la llegada de la materia prima y material de empaque hasta el empaque del producto final”.<sup>17</sup>

---

<sup>17</sup> TORRES, Sergio. *Ingeniería de plantas*. p. 118.

Tabla XVII. **Símbolos para utilizar en diagrama de operaciones**

| Actividad           | Símbolo   | Función  |
|---------------------|---|--|
| Operación           |  | Se usa para indicar que se realiza una operación, método o procedimiento.      |
| Inspección          |  | Se verifica calidad y cantidad de un trabajo.                                  |
| Operación combinada |  | Indica cuando se está llevando a cabo una operación y a la vez se inspecciona. |

Fuente: TORRES, Sergio. *Ingeniería de plantas*. p. 118.

Figura 39. **Encabezado diagrama de operaciones**





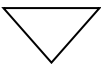

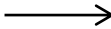
| <b>DIAGRAMA DE OPERACIONES DEL PROCESO</b> |                         |
|--|-------------------------|
| Empresa:                                   | Hoja:                   |
| Departamento:                              | Fecha:                  |
| Realizado por:                             | Método:                 |
| Producto:                                  | Inicio:___ Finaliza:___ |

Fuente: elaboración propia.

- Diagrama de flujo: este diagrama contiene, en general muchos más detalles que el diagrama de operaciones, y va de lo general del diagrama de operaciones a detalles de operación más particulares; no se puede utilizar en procesos de ensamble muy complicados, pues dejaría de cumplir su verdadera función. Este diagrama de flujo es especialmente útil

para poner de manifiesto costos ocultos como distancias recorridas, retrasos y almacenamientos temporales.<sup>18</sup>

Tabla XVIII. **Símbolos para elaboración de diagramas de flujo**

| <b>Actividad</b>    | <b>Símbolo</b>  | <b>Función</b>  |
|---------------------|---|---|
| Operación           |    | Se usa para indicar que se realiza una operación, método o procedimiento.   |
| Transporte          |    | Indica el movimiento de los trabajadores, y equipo de un lugar a otro. Se considera transporte cuando la distancia recorrida es mayor o igual a 1.5 metros.           |
| Inspección          |    | Indica verificar calidad y cantidad conforme a especificaciones preestablecidas.  |
| Demora              |   | Indica a un período de tiempo en el que se registra una inactividad, ya sea en los trabajadores, materiales, equipo, puede ser evitable o inevitable.                 |
| Almacenaje          |  | Indica depósito de un objeto bajo vigilancia en un almacén donde se recibe o entrega mediante alguna forma de autorización o donde se guarda con fines de referencia. |
| Operación Combinada |  | Indica el momento en el que se lleva a cabo una operación que a la vez está siendo inspeccionada.   |
| Línea Horizontal    |  | Se utiliza para indicar la introducción o salida de materiales o materia prima, ya sea por compra, por trabajo hecho en otra operación.                               |

Fuente: TORRES, Sergio. *Ingeniería de plantas*. p. 118.

<sup>18</sup> TORRES, Sergio. *Ingeniería de plantas*. p. 118.

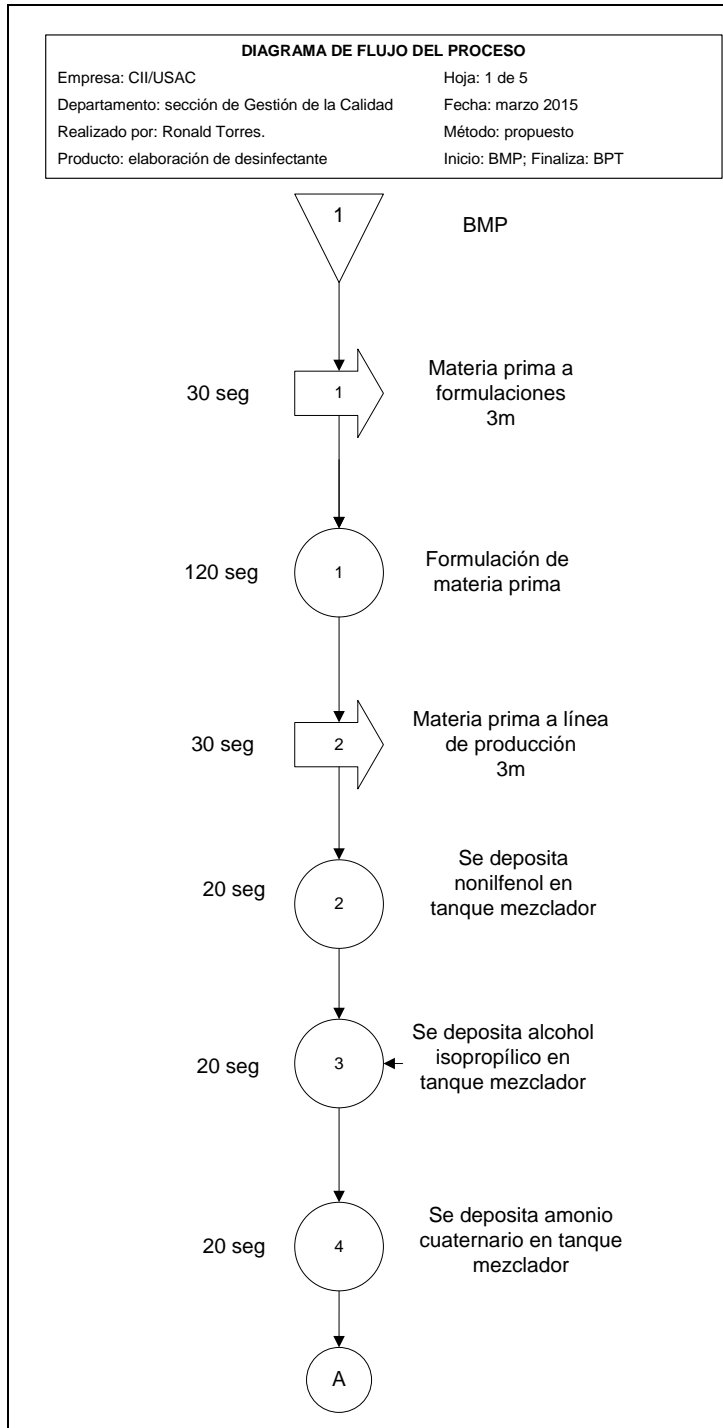
Figura 40. **Encabezado diagrama de flujo del proceso**

| <b>DIAGRAMA DE FLUJO DEL PROCESO</b> |                             |
|--------------------------------------|-----------------------------|
| Empresa:                             | Hoja:                       |
| Departamento:                        | Fecha:                      |
| Realizado por:                       | Método:                     |
| Producto:                            | Inicio: ____ Finaliza: ____ |

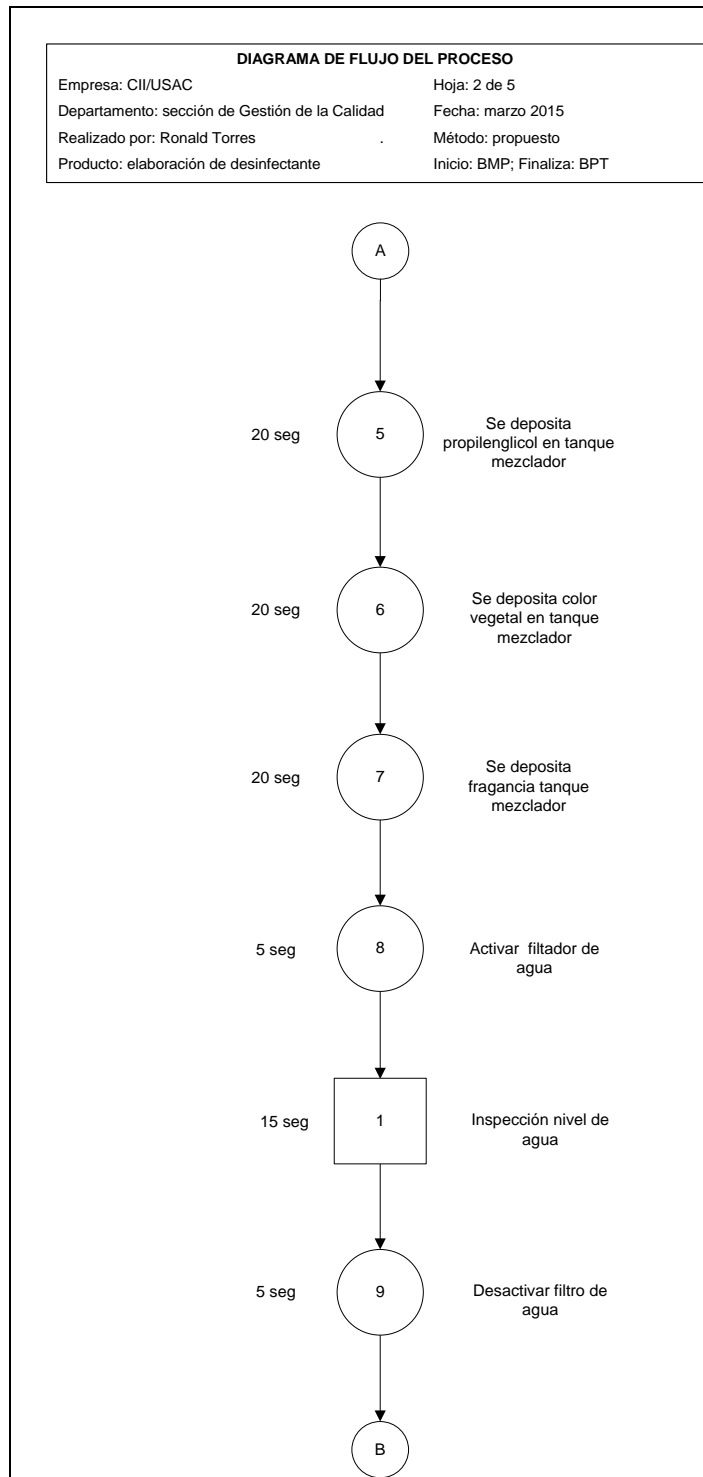
Fuente: elaboración propia.

- Diagrama de recorrido: es una modalidad del diagrama de flujo representado en el plano del curso del trabajo. El plano debe contener todas las áreas actuales incluyendo la maquinaria y todas las instalaciones fijas.
- Ejemplo práctico: diagrama de flujo del proceso de producción de desinfectante.

Figura 41. **Diagrama de flujo del proceso de producción de desinfectante**

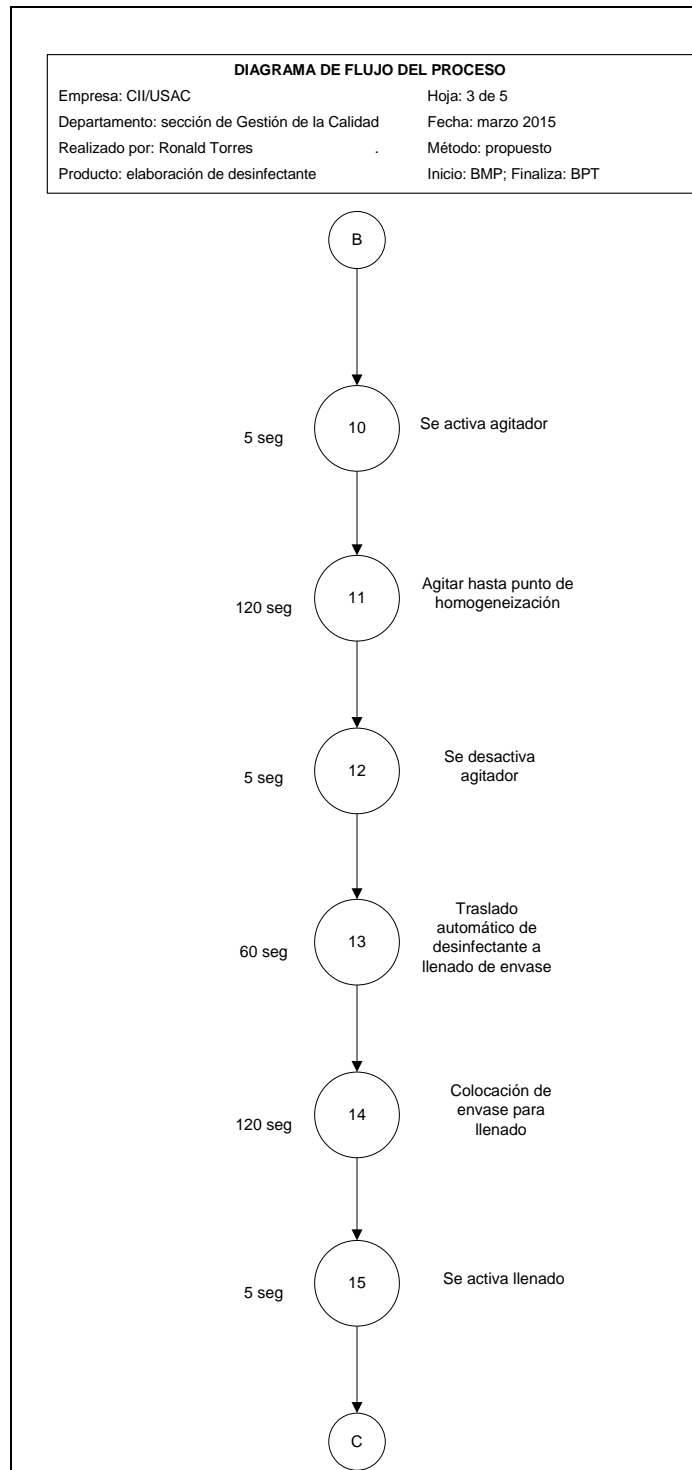


Continuación de la figura 41.

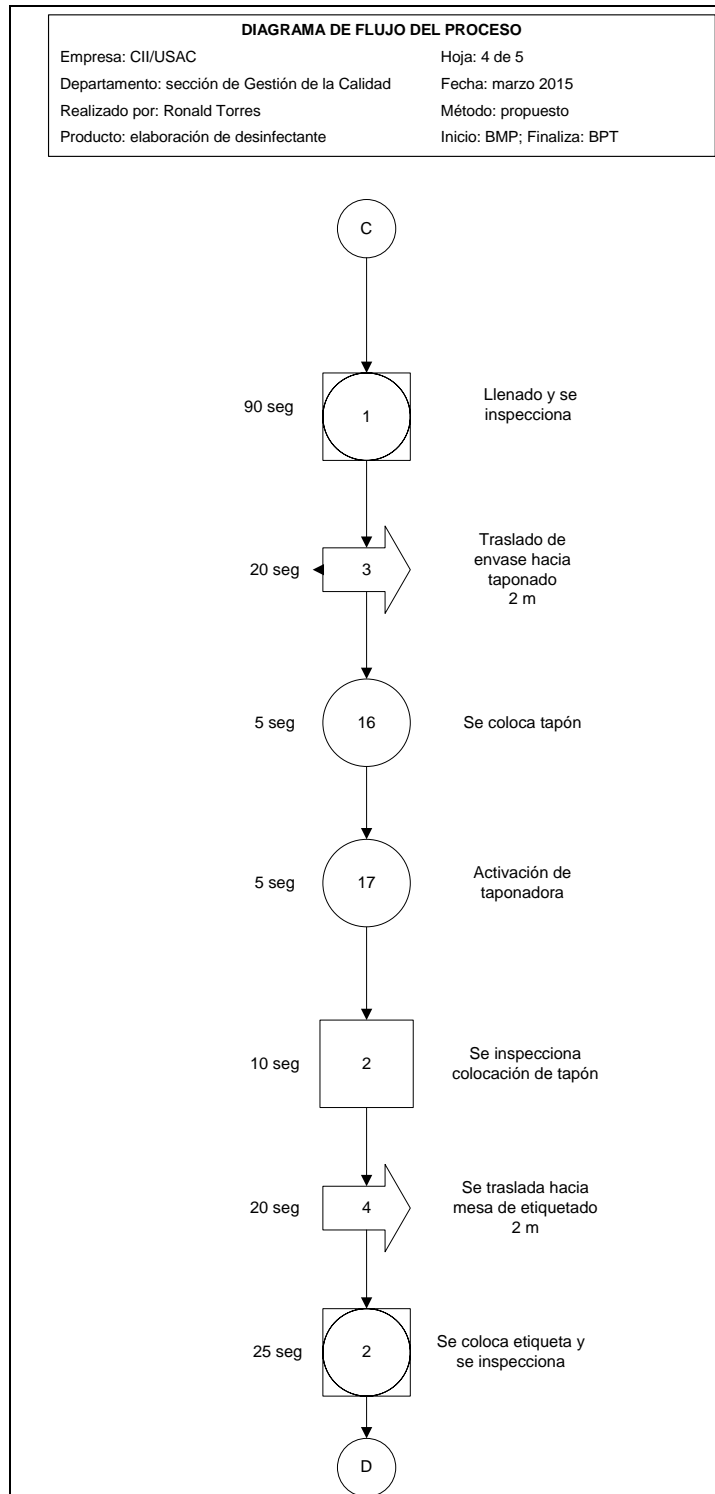




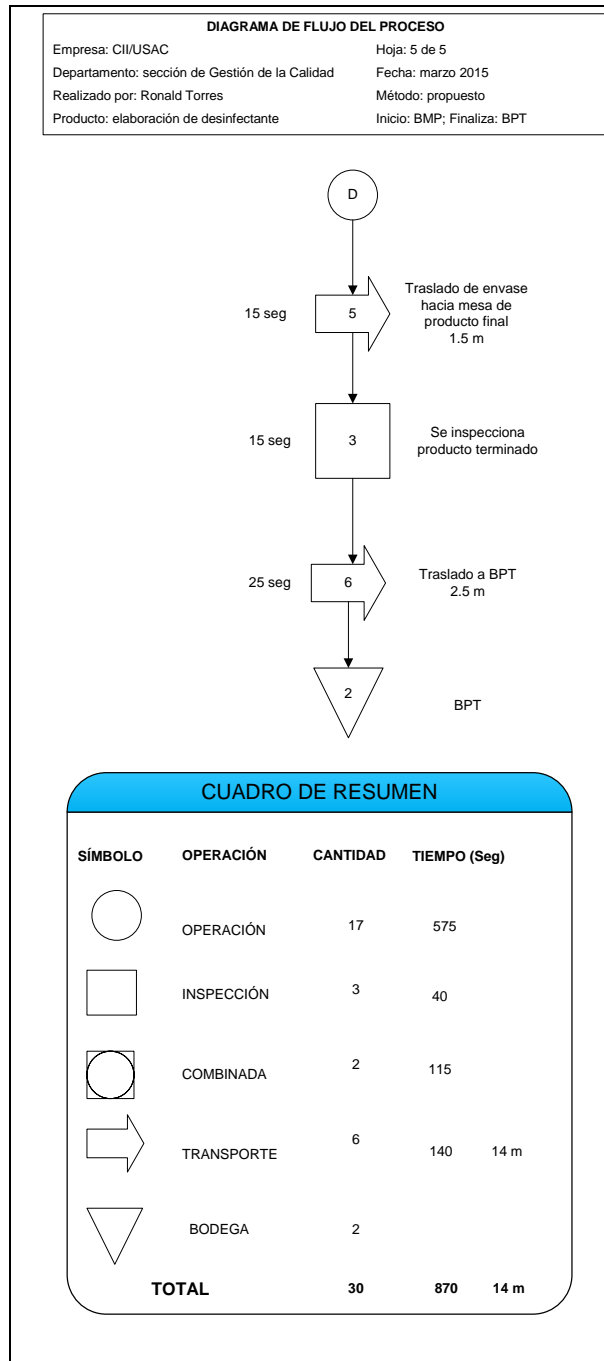
Continuación de la figura 41.



Continuación de la figura 41.



Continuación de la figura 41.



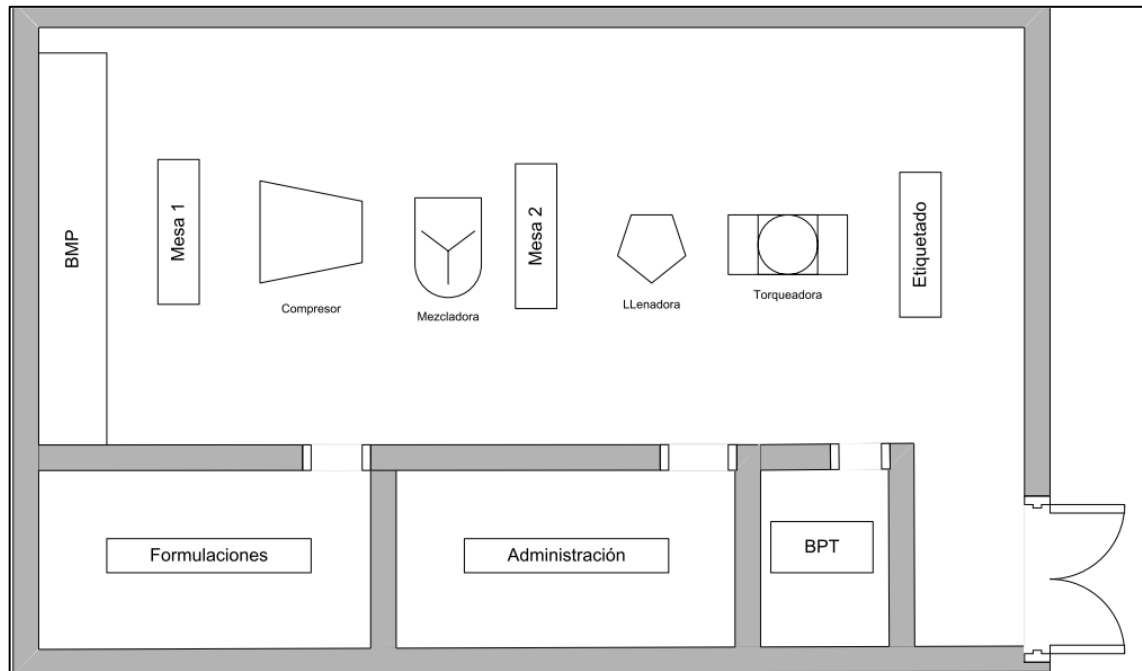
Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Visio 2007.

- Caso práctico

Realizar el diagrama de flujo y de recorrido utilizando el plano de distribución de maquinaria del proceso de producción, las operaciones del proceso son las siguientes:

El proceso inicia desde el momento de seleccionar los ingredientes para la elaboración del desinfectante. Los materiales se encuentran en la bodega de materia prima, un operario busca los ingredientes (300 seg), se trasladan los materiales hacia el área de formulaciones (3,5 metros, 60 seg), se pesan los ingredientes (420 seg), se trasladan los ingredientes hacia el tanque (3 metros, 60 seg), se abre la llave de llenado del tanque (5 seg), se procede al llenado del tanque (900 seg), se cierra la llave de llenado (5 seg), se agregan los ingredientes en el tanque, noninfeol (20 seg), alcohol isopropílico (20 seg), amonio cuaternario (20 seg), propilenglicol (20 seg), color vegetal (20 seg), fragancia (20 seg), se inspecciona el nivel de agua (10 seg), se activa el mezclador (3 seg), la mezcladora trabaja hasta punto de homogeneización (600 seg), se inspecciona la mezcla (30 seg), se trasladan los galones hacia llenadora (4 metros, 60 seg), llenado de galón (30 seg), inspección de nivel de llenado (10 seg), se traslada hacia mesa de etiquetado (2 metros, 20 seg), se coloca la etiqueta y se inspecciona (30 seg), finalizando el proceso se traslada hacia bodega de producto terminado (5 metros, 60 seg).

Figura 42. **Distribución de maquinaria**



Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Visio 2007.

### 2.5.1.6. **Práctica 6. Distribución de maquinaria**

La distribución de una planta se realiza con el enfoque de que la línea de producción sea lo más eficiente posible; esto consiste en distribuir las áreas y la maquinaria de tal manera que tenga una secuencia lógica y en cadena, para que no se pierda tiempo en trasladarse de un lugar a otro más de una vez.

Uno de los métodos más comunes para la distribución de posición fija en el diseño de ambientes de una planta es el método de distribución Layout; este método se basa en cuatro criterios en los que se clasifican con valor de 1 a 4, dependiendo de la importancia de la cercanía.

Tabla XIX. **Criterio de valores método Layout**

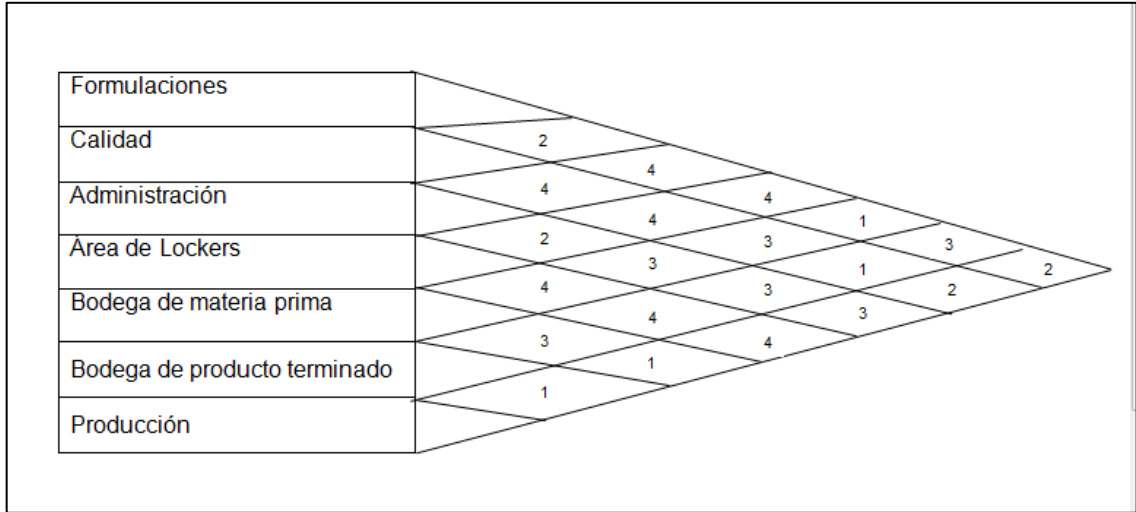
| VALOR | CRITERIO               |
|-------|------------------------|
| 1     | Cercanía indispensable |
| 2     | Cercanía deseada       |
| 3     | Cercanía no deseada    |
| 4     | No cercanía            |

Fuente: TORRES, Sergio. *Ingeniería de plantas*. p. 124.

En este método se trabaja colocando las áreas de la planta en una matriz de asignación, ponderando la cercanía en conjunto de cada una, utilizando la ponderación que se establece en la tabla XX.

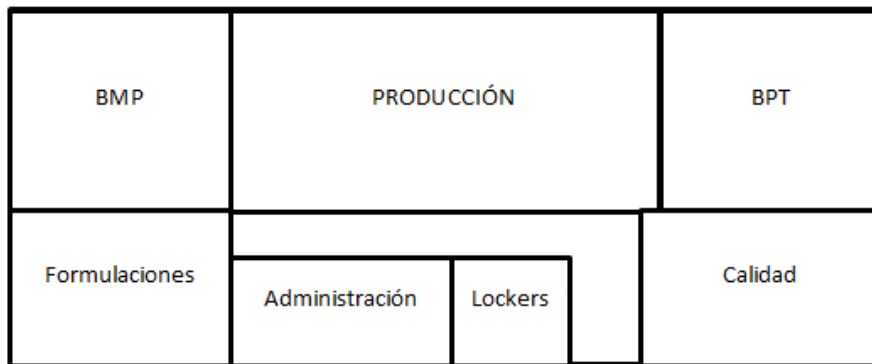
- Ejemplo práctico: se desea estudiar la mejor distribución de planta para la maquinaria y las áreas para lo cual se proporciona la siguiente información.
  - Formulaciones
  - Calidad
  - Administración
  - Área de lockers
  - Bodega de materia prima
  - Bodega de producto terminado
  - Producción

Figura 43. **Matriz de asignación**



Fuente: elaboración propia.

Figura 44. **Distribución final de la planta**



Fuente: elaboración propia.

### **2.5.1.7. Práctica 7. Estudio de impacto ambiental**

Un estudio de impacto ambiental es un documento técnico y legal que sirve para identificar y gestionar los impactos ambientales de todo proyecto que se implementará.

La Ley de Protección y Mejoramiento del Ambiente (Decreto 68-86) establece que por cada proyecto, obra o industria que pueda ocasionar el deterioro de los recursos naturales o al ambiente que se desea realizar, se deberá elaborar un estudio de impacto ambiental.

Para elaborar un EIA, se debe de clasificar a la empresa, esto con base en el listado taxativo de proyectos, obras, industrias o actividades, Acuerdo Gubernativo No. 134-2005.

- Listado de documentos para la elaboración de un estudio de impacto ambiental.
  - Nombre o razón social de la empresa
  - Nombre del propietario o representante legal
  - Dirección exacta del proyecto
  - Teléfono
  - Fax, email
  - Coordenadas geográficas o UTM
  
- Carta de presentación de estudio, por parte del propietario o representante legal hacia el Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales.
  
- Acta de declaración jurada, de presentación del estudio al MARN.



- Fotocopia de la constancia del número de identificación tributaria (NIT) de la empresa.
- Fotocopia autenticada del nombramiento del representante legal, si el proponente es persona jurídica.
- Fotocopia autenticada de la cédula de vecindad del representante legal o propietario del proyecto.
- Fotocopia de patente de comercio de la entidad.
- Certificación del registro de la propiedad del predio en donde se va a desarrollar el proyecto.
- Si la empresa o el interesado no es propietario del terreno donde se desarrollará el proyecto, debe incluirse autenticado contrato de arrendamiento, inscrito en el registro de la propiedad e inmueble, compra venta o acta donde es socio una de las partes que pone esa tierra como patrimonio.

Para la presentación del estudio ambiental ante el Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales es necesario que los planos sean impresos en formato doble carta y que sean firmados, timbrados y sellados por los colegiados expertos en las distintas ramas que requiera el proyecto:

- Plano de ubicación
- Plano de localización
- Plano de planta de arquitectura
- Plano de secciones
- Plano de red de drenaje sanitario más detalles
- Plano de red de drenaje pluvial más detalles
- Plano de acometida y distribución eléctrica
- Plano de tratamiento de agua residual
- Planos topográficos

Los EIA deben de llevar una publicación para su vista al público durante 20 días hábiles.

- Contenido de estudio de evaluación de impacto ambiental.
  - Carátula
  - Resumen ejecutivo
    - Antecedentes de la empresa
    - Abastecimiento de agua
    - Maquinaria
    - Fase de producción
    - Generación y disposición de residuos
    - Prestaciones laborales
    - Predicción de impactos negativos de la empresa
    - Conclusión
  - Índice
    - Marco referencial
    - Datos de la empresa interesada
    - Escenario ambiental
    - Abastecimiento de agua y energía
    - Descripción de la maquinaria
    - Descripción de los procesos
    - Generación y disposición de residuos
    - Situación laboral
    - Impactos positivos y negativos generados por la empresa
    - Conclusiones

- Recomendaciones
  - Bibliografía
  - Anexos
- Caso práctico
    - Realizar un análisis de acuerdo con el abastecimiento de agua y energía, fase de producción, generación y disposición de los residuos, impactos positivos y negativos, de la planta de producción de desinfectantes.
    - Identificar los puntos débiles de la planta y realizar un plan de mejora.

#### **2.5.1.8. Práctica 8. Buenas prácticas de manufactura**

“Son los procedimientos y operaciones establecidas para garantizar las condiciones en las instalaciones donde se elaboran alimentos, con la finalidad de garantizar la inocuidad de los alimentos según las normas establecidas”.<sup>19</sup>

Las BPM comprenden actividades a instrumentar y vigilar sobre las instalaciones, equipo, utensilios, servicios, el proceso en todas y cada una de sus fases, control de fauna nociva, manejo de productos, manipulación de desechos, higiene personal, etcétera.

---

<sup>19</sup> *Buenas prácticas de manufactura.*

[http://www.alimentosargentinos.gob.ar/contenido/procal/proyectospiloto/2011/2011\\_BPM\\_DO\\_quesillo\\_Tucuman\\_manual.pdf](http://www.alimentosargentinos.gob.ar/contenido/procal/proyectospiloto/2011/2011_BPM_DO_quesillo_Tucuman_manual.pdf). Consulta: febrero de 2015.

Las regulaciones de BPM requieren un enfoque de calidad para la manufactura, permitiendo a las compañías minimizar o eliminar los casos de contaminación, confusión y errores. Esto a su vez protege al consumidor de comprar un producto que esté contaminado, mal representado en el etiquetado o hasta peligroso. La falla de las empresas en cumplir con las regulaciones de BPM puede resultar en consecuencias muy serias, incluyendo recolección del producto del mercado, confiscaciones, multas y cargos criminales.

Es importante destacar que las BPM tienen tres objetivos claros: evitar errores y contaminación cruzada del producto fabricado con otros productos y garantizar la trazabilidad hacia adelante y hacia atrás en los procesos.

Un programa BPM aplicado a una industria requiere, al igual que otras normas, la auditoría permanente para verificar el cumplimiento del sistema.

Estos controles se ejecutan considerando diez aspectos de verificación:

- Edificio, ubicación e infraestructura.
- Instalaciones y servicios.
- Pisos, paredes y techos.
- Puertas y ventanas.
- Iluminación y ventilación.
- Materias primas, insumos directos e indirectos.
- Métodos y procedimientos.
- Equipos, utensilios y herramientas.
- Personal, requisitos, capacitación, equipo de protección y control de salud.
- Producto terminado.
- Manejo de residuos.

- Control de plagas.
- Logística, transporte y distribución.

Las plagas representan una seria amenaza en cualquier tipo de industria alimentaria. Por esta razón, cada planta, sección, línea e instalación en particular debe contar con un plan de control de plagas específico que incluye el MIP.

- Pasos básicos para implementar un manejo integrado de plagas:
  - Diagnóstico de posibles áreas vulnerables de plagas
  - Causas posibles de las plagas
  - Monitoreo
  - Mantenimiento
  - Medidas preventivas
  - Medidas de control físico
  - Verificación
  - Implementación del plan
- Caso práctico
  - Analizar las áreas de la planta de producción, y determinar si cuenta con un plan para el manejo integrado de plagas.
  - Determinar las posibles áreas vulnerables y las causas de un posible surgimiento de plagas en la planta.

## 2.5.2. Prácticas de ingeniería de métodos

El análisis de métodos se encarga de estudiar todas las técnicas y procedimientos utilizados para incrementar la productividad de la empresa.

### 2.5.2.1. Práctica 1. Productividad

La productividad es un indicador que muestra la cantidad de producción con base en la relación de los insumos que se están consumiendo y la cantidad de producción que se está obteniendo.

Los índices de productividad se pueden determinar a través de la relación producto-insumo, teóricamente existen tres formas de incrementarlos:

- Aumentar el producto y mantener el mismo insumo.
- Reducir el insumo y mantener el mismo producto.
- Aumentar el producto y reducir el insumo simultánea y proporcionalmente.

La productividad se puede medir según el punto de vista de la relación producto-insumo de la siguiente manera:

$$Productividad = \frac{Producción}{Insumos}$$

$$Productividad = \frac{Resultados\ logrados}{Recursos\ empleados}$$

Existen una gran variedad de parámetros que afectan la productividad del trabajo:

- Hombres
- Dinero
- Materiales
- Métodos
- Mercados
- Maquinas
- Medio ambiente
- Mantenimiento del sistema
- Misceláneos: controles, materiales, costos, inventarios, calidad, cantidad, tiempo, entre otros.
- Manufactura

La eficacia es la capacidad de obtener los resultados deseados. La eficiencia se logra cuando se obtienen los resultados deseados con el mínimo de insumos utilizado. De ello se desprende que la eficacia es hacer lo correcto y la eficiencia es hacer las cosas correctamente con el mínimo de recursos.

$$Productividad = \frac{Eficacia}{Eficiencia} = \frac{Valor \rightarrow cliente}{Costo \rightarrow productor}$$

Tabla XX. **Variables, definición e indicadores**

| <b>Variables</b> | <b>Definición</b>   | <b>Indicadores</b>   |
|------------------|---|--|
| Eficiencia       | Forma en que se usan los recursos de la empresa: humanos, materia prima, tecnológicos, entre otros. | Tiempos muertos<br>Desperdicio<br>Porcentaje de utilización de la capacidad instalada. |

Continuación de la tabla XX.

|          |  |  |
|----------|--|--|
| Eficacia | Grado de cumplimiento de los objetivos, metas o estándares, entre otros. | Grado de cumplimiento de los programas de producción o de ventas<br>Demoras en los tiempos de entrega. |
|----------|--|--|

Fuente: GARCÍA CRIOLLO, Roberto. *Estudio del trabajo*. p. 19.

- Ejemplo práctico: considerar que una planta necesita realizar cambios de procesos en su planta de producción, ya que los existentes han aumentado sus costos. Por lo tanto se debe realizar un análisis de productividad con el objeto de reducir costos.

A continuación se dan los datos sobre los productos fabricados y los insumos que se consumieron en un periodo de tiempo específico.

Tabla XXI. **Costos de la planta, mes 1 y mes 2**

| Mes núm. 1                | Mes núm. 2                |
|---------------------------|---------------------------|
| Producción = Q 13 843,00  | Producción = Q 13 843,00  |
| Mano de obra = Q 2 644,40 | Mano de obra = Q 1 800,00 |
| Materiales = Q 800,00     | Materiales = Q 1 000      |
| Capital = Q 300,00        | Capital = Q 500,00        |
| Energía = Q 2 000,00      | Energía = Q 700,00        |
| Otros Gastos = Q 500,00   | Otros Gastos = Q 500,00   |

Fuente: elaboración propia.



Tabla XXII. **Cálculo de productividad parcial de la planta**

| <b>Productividad parcial</b> | <b>Mes núm. 1</b>          | <b>Mes núm. 2</b>        | <b>Criterio</b> |
|------------------------------|----------------------------|--------------------------|-----------------|
| Humano                       | $13\ 843/2\ 644.40 = 5,23$ | $13\ 843/1\ 800 = 7,69$  | Aumentó         |
| Material                     | $13\ 843/800 = 17,30$      | $13\ 843/1\ 000 = 13,84$ | Disminuyó       |
| Capital                      | $13\ 843/300 = 13,84$      | $13\ 843/500 = 27,68$    | Aumentó         |
| Energía                      | $13\ 843/2\ 000 = 6,29$    | $13\ 843/700 = 19,77$    | Aumentó         |
| Otros gastos                 | $13\ 843/500 = 27,68$      | $13\ 843/500 = 27,68$    | Constante       |

Fuente: elaboración propia.

Tabla XXIII. **Productividad del factor total**

|   |  |
|---|--|
| $PFT_{M_2} = \frac{\textit{Cantidad producida}}{\textit{MO} + \textit{capital}}$ $= \frac{13\ 843}{2\ 644,40 + 300} = 4,70$ | $PFT_{M_1} = \frac{\textit{Cantidad producida}}{\textit{MO} + \textit{capital}}$ $= \frac{13\ 843}{1\ 800 + 500} = 6,01$ |
|---|--|

Fuente: elaboración propia.

La productividad aumentó en el segundo mes, en relación con el primero.

Tabla XXIV. **Productividad total**

|   |   |
|---|---|
| $PT_{M1} = \frac{\text{Cantidad producida}}{MO + \text{capital}}$ $= \frac{13\ 843}{6\ 244,4} = 2,21$ | $PT_{M2} = \frac{\text{Cantidad producida}}{\sum \text{Insumos}}$ $= \frac{13\ 843}{4\ 500} = 3,07$ |
|---|---|

Fuente: elaboración propia.

Con los resultados obtenidos de la productividad total, esta muestra un incremento en el mes núm. 2, comparando la productividad del mes núm. 1.

- Caso práctico:
  - Realizar el cálculo de la productividad parcial, de factor total y total del proceso de producción de dos diferentes productos elaborados en la planta de producción, utilizando como mínimo los insumos de mano de obra, materia prima, energía y otros gastos.
  - Realizar un análisis que genere un aumento de la productividad total de la planta de producción.
  - Investigar cuál es el salario mínimo actual no agrícola en Guatemala, y realizar un análisis comparativo con el salario que recibe el operario de producción de la planta.

### 2.5.2.2. Práctica 2. Diagramas de procesos



Un diagrama de procesos es la representación gráfica de la secuencia en la cual se llevan a cabo las tareas. En los diagramas se documenta el proceso y los pasos a seguir en la elaboración de un proceso de producción.

Los diagramas incluyen la información necesaria para ser analizado todo el proceso, como los pasos, secuencias, el tiempo, las inspecciones, el traslado y las demoras; todo con la finalidad de disminuir deficiencias y mejorar el proceso constantemente.

Para lograr estos propósitos se trabaja principalmente en tres diagramas:


- Diagrama de operaciones: “el diagrama muestra la secuencia cronológica de todas las operaciones que son necesarias para producir diferentes productos que se fabrican en una fábrica o taller, inspecciones, márgenes de tiempo y materiales necesarios, abarcando desde la llegada de la materia prima y material de empaque hasta el empaque del producto final”.<sup>20</sup>

Tabla XXV. Símbolos para utilizar en diagrama de operaciones

| Actividad  | Símbolo   | Función   |
|------------|---|---|
| Operación  |  | Se usa para indicar que se realiza una operación, método o procedimiento. |
| Inspección |  | Se verifica calidad y cantidad de un trabajo.                             |

<sup>20</sup> TORRES, Sergio. *Ingeniería de plantas*. p. 118.

Continuación de la tabla XXV.

|                        |   |  |
|------------------------|---|--|
| Operación<br>Combinada |  | Indica cuándo se está llevando a cabo una operación y a la vez se inspecciona. |
|------------------------|---|--|

Fuente: TORRES, Sergio. *Ingeniería de plantas*. p. 118.

Figura 45. **Encabezado diagrama de operaciones**





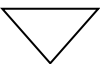

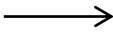
| <b>DIAGRAMA DE OPERACIONES DEL PROCESO</b> |                         |
|--|-------------------------|
| Empresa:                                   | Hoja:                   |
| Departamento:                              | Fecha:                  |
| Realizado por:                             | Método:                 |
| Producto:                                  | Inicio:___ Finaliza:___ |

Fuente: elaboración propia.

- Diagrama de flujo: Este diagrama contiene, en general muchos más detalles que el diagrama de operaciones, y va de lo general del diagrama de operaciones a detalles de operación más particulares, este diagrama no se puede utilizar en procesos de ensamble muy complicados, pues dejaría de cumplir su verdadera función. Este diagrama de flujo es especialmente útil para poner de manifiesto costos ocultos como distancias recorridas, retrasos y almacenamientos temporales.<sup>21</sup>

<sup>21</sup> TORRES, Sergio. *Ingeniería de plantas*. p. 118.

Tabla XXVI. **Símbolos para elaboración de diagramas de flujo**

| <b>Actividad</b>    | <b>Símbolo</b>  | <b>Función</b>  |
|---------------------|---|---|
| Operación           |    | Se usa para indicar que se realiza una operación, método o procedimiento.   |
| Transporte          |    | Indica el movimiento de los trabajadores, y equipo de un lugar a otro. Se considera transporte cuando la distancia recorrida es mayor o igual a 1,5 metros.           |
| Inspección          |    | Indica verificar calidad y cantidad conforme a especificaciones preestablecidas.  |
| Demora              |    | Indica un período de tiempo en el que se registra una inactividad, ya sea en los trabajadores, materiales, equipo, puede ser evitable o inevitable.                   |
| Almacenaje          |  | Indica depósito de un objeto bajo vigilancia en un almacén donde se recibe o entrega mediante alguna forma de autorización o donde se guarda con fines de referencia. |
| Operación Combinada |  | Indica el momento en el que se lleva a cabo una operación que a la vez está siendo inspeccionada.   |
| Línea horizontal    |  | Se utiliza para indicar la introducción o salida de materiales o materia prima, ya sea por compra, por trabajo hecho en otra operación.                               |

Fuente: TORRES, Sergio. *Ingeniería de plantas*. p. 118.

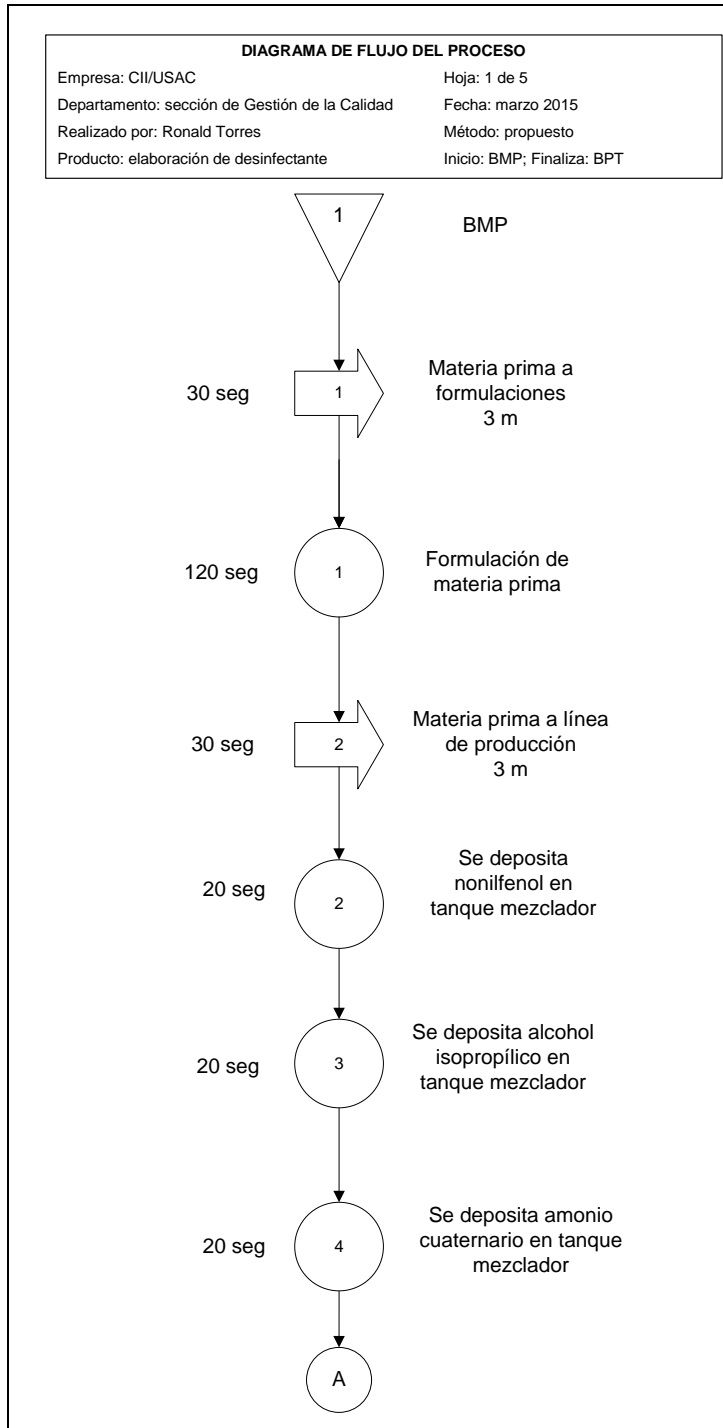
Figura 46. **Encabezado diagrama de flujo del proceso**

| <b>DIAGRAMA DE FLUJO DEL PROCESO</b> |                           |
|--------------------------------------|---------------------------|
| Empresa:                             | Hoja:                     |
| Departamento:                        | Fecha:                    |
| Realizado por:                       | Método:                   |
| Producto:                            | Inicio:____ Finaliza:____ |

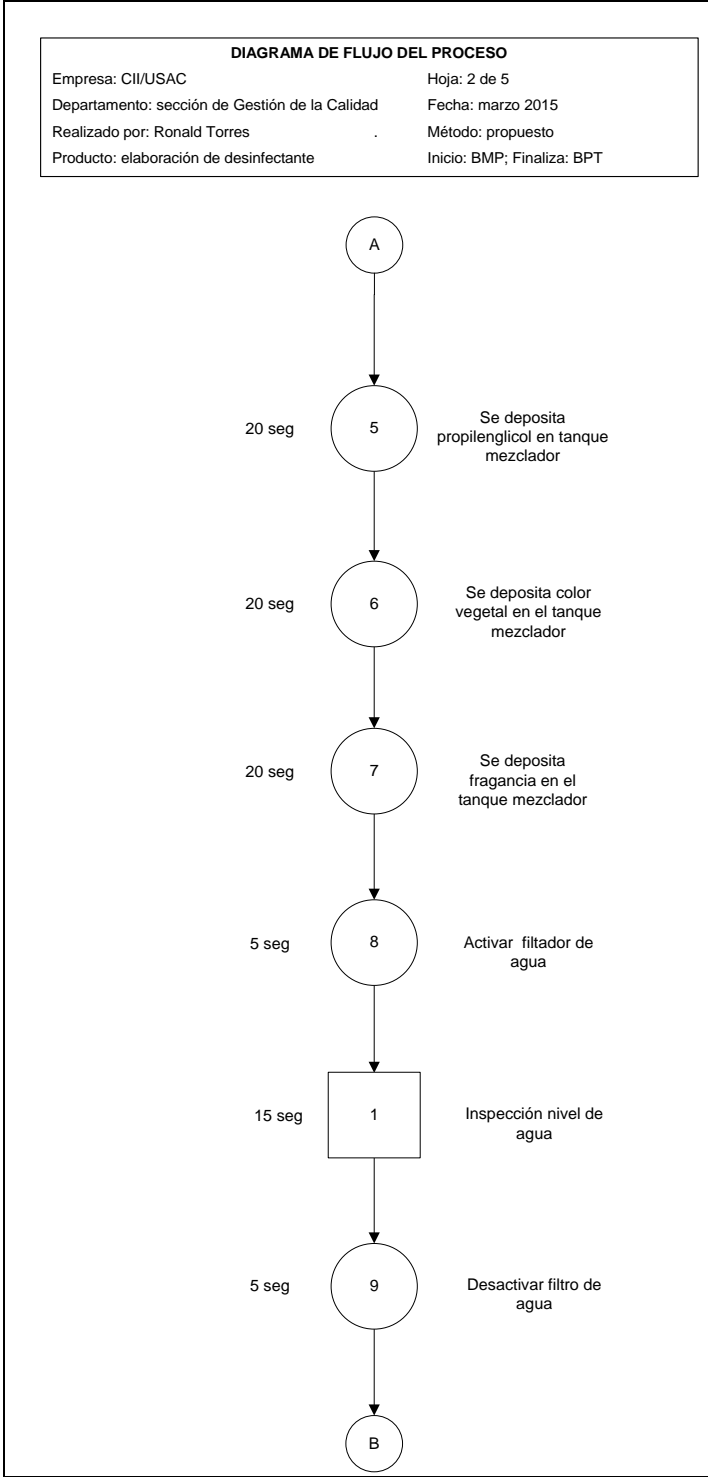
Fuente: elaboración propia.

- Diagrama de recorrido: es una modalidad del diagrama de flujo representado en el plano del curso del trabajo. El plano debe contener todas las áreas actuales, incluyendo la maquinaria y todas las instalaciones fijas.
- Ejemplo práctico: diagrama de flujo del proceso de producción de desinfectante.

Figura 47. **Diagrama de flujo del proceso de producción de desinfectante**

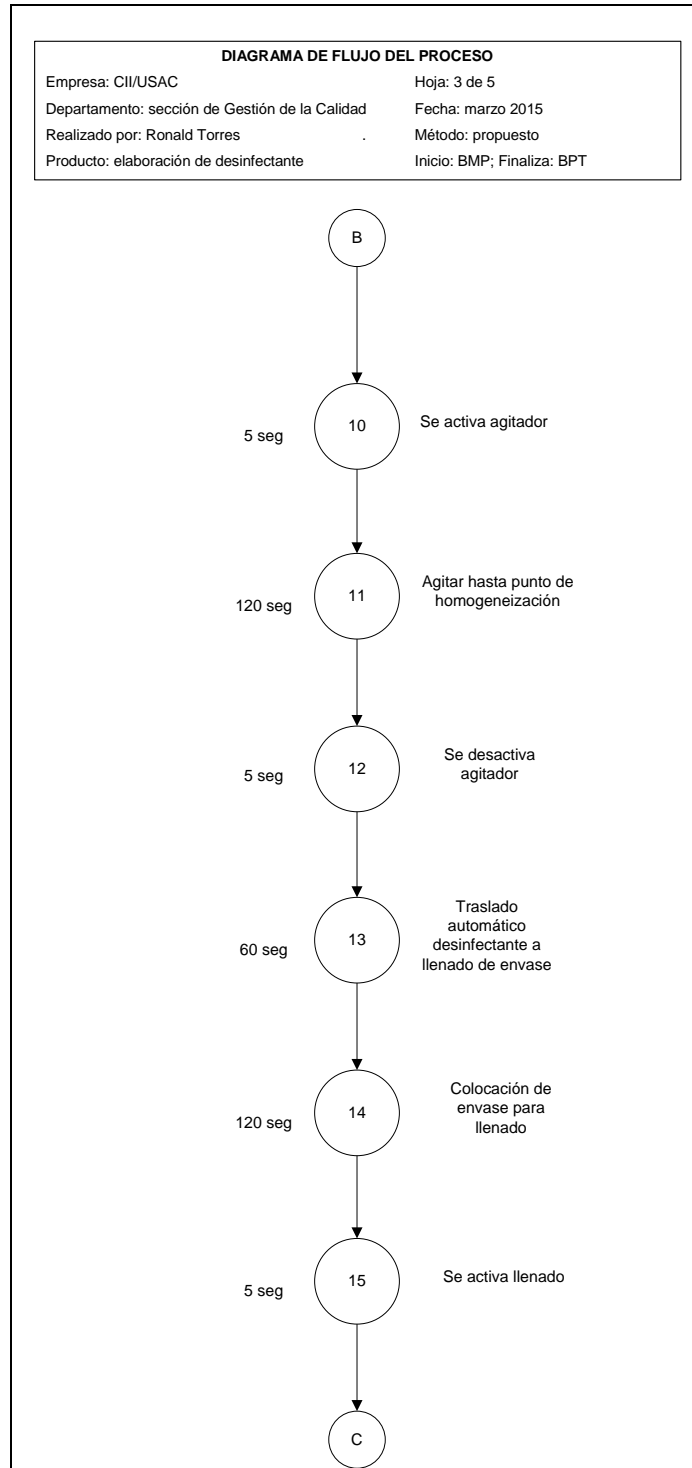


Continuación de la figura 47.

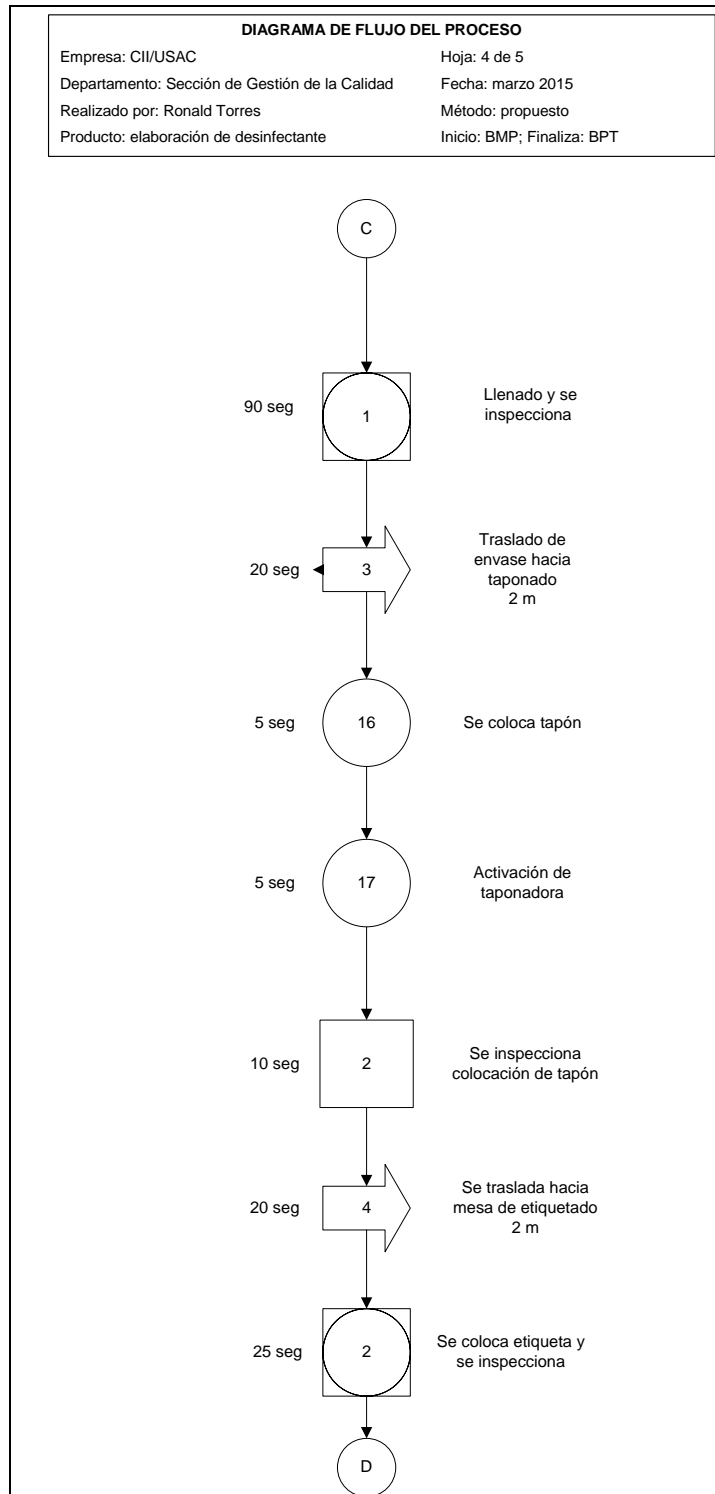




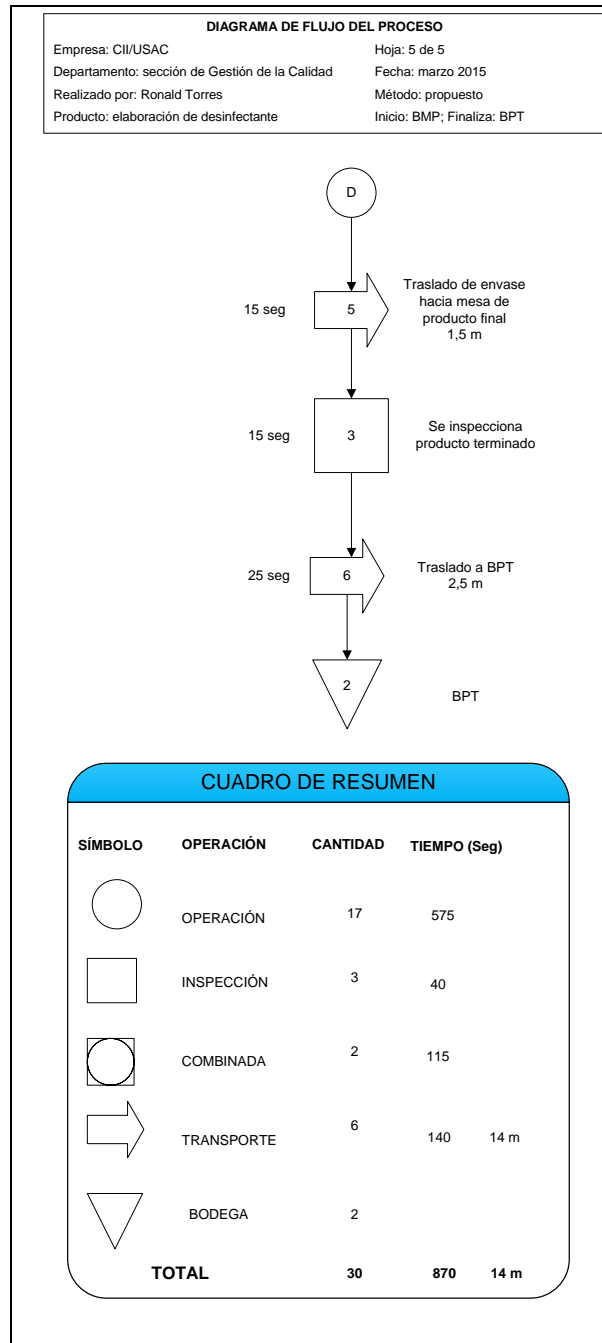
Continuación de la figura 47.



Continuación de la figura 47.



Continuación de la figura 47.



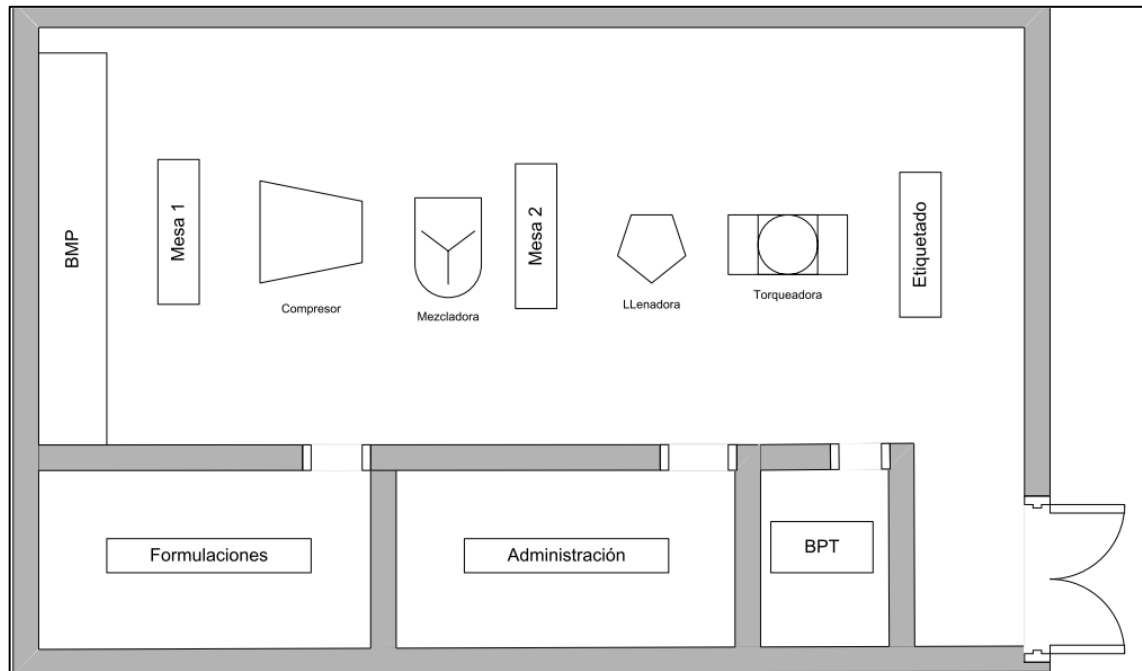
Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Visio 2007.

- Caso práctico

Realizar el diagrama de flujo y de recorrido utilizando el plano de distribución de maquinaria del proceso de producción, las operaciones del proceso son las siguientes:

El proceso inicia desde el momento de seleccionar los ingredientes para la elaboración del desinfectante. Los materiales se encuentran en la bodega de materia prima, un operario busca los ingredientes (300 seg), se trasladan los materiales hacia el área de formulaciones (3,5 metros, 60 seg), se pesan los ingredientes (420 seg), se trasladan los ingredientes hacia el tanque (3 metros, 60 seg), se abre la llave de llenado del tanque (5 seg), se procede al llenado del tanque (900 seg), se cierra la llave de llenado (5 seg), se agregan los ingredientes en el tanque, noninfeol (20 seg), alcohol isopropílico (20 seg), amonio cuaternario (20 seg), propilenglicol (20 seg), color vegetal (20 seg), fragancia (20 seg), se inspecciona el nivel de agua (10 seg), se activa el mezclador (3 seg), la mezcladora trabaja hasta punto de homogeneización (600 seg), se inspecciona la mezcla (30 seg), se trasladan los galones hacia llenadora (4 metros, 60 seg), llenado de galón (30 seg), inspección de nivel de llenado (10 seg), se traslada hacia mesa de etiquetado (2 metros, 20 seg), se coloca la etiqueta y se inspecciona (30 seg), finalizando el proceso se traslada hacia bodega de producto terminado (5 metros, 60 seg).

Figura 48. **Distribución de maquinaria**



Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Visio 2007.

### 2.5.2.3. **Práctica 3. Diagrama hombre-máquina**

Este diagrama, que es la representación gráfica de la secuencia de elementos que componen las operaciones en que intervienen hombres y máquinas, permite conocer el tiempo empleado por cada uno; es decir, saber el tiempo invertido por los hombres y el utilizado por las máquinas.

“Con base en este conocimiento se puede determinar la eficiencia de los hombres y de las máquinas, con el fin de aprovechar ambos factores al

máximo. El diagrama se utiliza para estudiar, analizar y mejorar una sola estación de trabajo a la vez”.<sup>22</sup>

El diagrama hombre–máquina permitirá conocer las operaciones y tiempo de trabajo del hombre y sus periodos de ocio, los cuales se pueden utilizar para poder asignarle alguna otra tarea y el tiempo de actividad e inactividad de su máquina, así como los tiempos de carga y descarga.

- Pasos para realizar el diagrama:
  - Seleccionar la operación que será diagramada, tomando en cuenta el costo, importancia y dificultad en el proceso.
  - Determinar el inicio y fin del ciclo que se quiere diagramar.
  - Observar la operación varias veces para poder dividirla en elementos claramente identificados.
  - Medir la duración de cada elemento identificado.
  - Construir el diagrama siguiendo la secuencia de los elementos identificados.
  
- Construcción del diagrama
  - Seleccionar una distancia en centímetros o pulgadas que represente una unidad de tiempo para que el diagrama pueda ser una representación a escala del proceso.
  - Identificar con el título de diagrama de proceso hombre – máquina.
  - Incluir información tal como operación diagramada, método presente o propuesto, número de plano, inicio y fin del diagrama, fecha de realización y nombre de la persona que lo realiza.

---

<sup>22</sup> GARCÍA CRIOLLO, Roberto. *Estudio del trabajo*. p. 69.

- A la izquierda del papel se debe hacer una descripción de los elementos que integran la operación. En el extremo de la hoja se colocan las operaciones y tiempos del hombre y sus tiempos inactivos.
  - El tiempo de trabajo del hombre se representa por una línea vertical continua, cuando hay un tiempo de ocio o tiempo muerto se representa con una línea discontinua.
  - Un poco más a la derecha se coloca la gráfica de la máquina o máquinas colocando una línea continua para el tiempo activo de la máquina y una línea discontinua para los lapsos inactivos. Los tiempos de preparación y descarga se representan por una línea punteada.
  - Una vez terminado el diagrama, en la parte inferior de la hoja se coloca el tiempo total de trabajo del hombre más el tiempo total de ocio y el tiempo total muerto de la máquina.
  - Finalmente se obtienen los porcentajes de utilización.
- Ejemplo práctico: para la producción de productos de limpieza se requiere un solo operario para ejecutar el funcionamiento de la mezcladora, en la cual se agregan todos los componentes químicos que son parte de la materia prima de su fabricación. La máquina mezcla 20 galones por ciclo.

Se necesita la elaboración de un pedido de 1 000 galones en 5 días. Los tiempos estimados para cada uno de los elementos de la operación son los siguientes:

Tabla XXVII. **Tiempo de proceso, diagrama hombre-máquina**

| <b>Proceso</b>         | <b>Tiempo</b> |
|------------------------|---------------|
| Cargar de mezcla       | 10            |
| Llenado de agua        | 5             |
| Mezclado               | 25            |
| Descarga de mezcladora | 20            |
| Inspección             | 5             |

Fuente: elaboración propia.

- Sueldo del operario: Q 2 644,40 mensual, Q 15,02 hora
- Costos variables de la máquina: Q 1 373,00
- Costo material: Q 5 por unidad



Figura 49. Diagrama hombre-máquina



Fuente: elaboración propia.

Tabla XXVIII. Resultados diagrama bimanual

|  |                    |
|--|--------------------|
| Tiempo del ciclo                           | 60                 |
| Tiempo de ocio                             | 20                 |
| Porcentaje de utilización de la maquinaria | $25/60 = 41,66 \%$ |
| Porcentaje de utilización de operario      | $40/60 = 66,66 \%$ |
| Suplemento del ciclo                       | 10 %               |

Fuente: elaboración propia.

- Tiempo del ciclo:

$$60 * 1,10 = 66 \text{ minutos/periodo}$$

- Piezas por hora:

$$\frac{60 \text{ minutos}}{66 \text{ periodos/minutos}} = 0,9 \frac{\text{tirajes}}{\text{hora}} * \frac{30 \text{ galones}}{\text{periodo}} = 27,27 \text{ galones/hora}$$

- Demanda:

$$\frac{1000 \text{ galones}}{27.27 \frac{\text{galones}}{\text{hora}}} = 36,67 \text{ horas} = 37 \text{ horas}$$

Con el resultado obtenido, se requiere de 37 horas para fabricar los 1 000 galones que solicitan; el periodo de tiempo fue de 5 días para su elaboración, por lo que se procede a calcular si se cumple con lo establecido.

$$5 \text{ dias} * \frac{8 \text{ horas}}{1 \text{ dia}} = 40 \text{ horas}$$

- Costo de operario:

$$C_{op} = 37 \text{ horas} * \frac{Q 15,02}{\text{hora}} = Q 555,92$$

- Costo del material:

$$C_{material} = 1\ 000 \text{ galones} * \frac{Q 15}{\text{galón}} = Q 15\ 000$$

- Costo de maquinaria:

$$\frac{Q\ 3\ 000}{mes} * \frac{1\ mes}{4\ semanas} * \frac{1\ semana}{44\ horas} = \frac{Q\ 17,04}{hora}$$

$$C_{maquinaria} = \frac{Q\ 17,04}{hora} * 37\ horas = Q\ 630,68$$

- Costo total:

$$Costo\ total = Costo\ operativo + Costo\ del\ material + Costo\ material$$

$$Costo\ total = Q\ 555,92 + Q\ 15\ 000 + Q\ 630,68$$

$$Costo\ total = Q\ 16\ 183,60$$

- Trabajando 8 horas diarias se estima si se pueden producir en 5 días los 1 000 galones de demanda.

$$Producción\ por\ día = 27,27 \frac{galones}{hora} * 8 \frac{horas}{día} = 218,16\ gal/día$$

$$\frac{1\ 000\ galones}{218\ gal/día} = 4,58\ días \cong 5\ días$$

El pedido se puede llevar la producción de los 1 000 galones en los 5 días.

- Costo unitario por galón:

$$Costo\ unitario = \frac{Q\ 16\ 183,60}{1\ 000\ galones} = Q\ 16,18/galón$$

- Caso práctico
  - Realizar un diagrama hombre–máquina de proceso de llenado en la planta piloto.
  - Obtener el tiempo de ciclo, porcentaje de utilización y asignación de actividades en el tiempo de ocio.

#### **2.5.2.4. Práctica 4. Diagrama bimanual - estudio de movimientos**

“El análisis de movimientos es el estudio de todos los movimientos de cualquier parte del cuerpo humano para poder realizar un trabajo en la forma más eficiente”.<sup>23</sup>

Para realizar un análisis de movimientos se deben separar los procesos y determinar los movimientos que no son necesarios para eliminarlos y volver el proceso más eficiente.





El diagrama bimanual muestra todos los movimientos que realiza el operario con la mano izquierda y derecha y la relación que hay entre las dos al momento de realizar un movimiento. En el diagrama se estudian los movimientos que se repiten en un ciclo de trabajo.

Para realizar el diagrama bimanual se utilizan símbolos, los cuales se describen en la siguiente tabla:

---

<sup>23</sup> GARCÍA CRIOLLO, Roberto. *Estudio del trabajo*. p. 79.

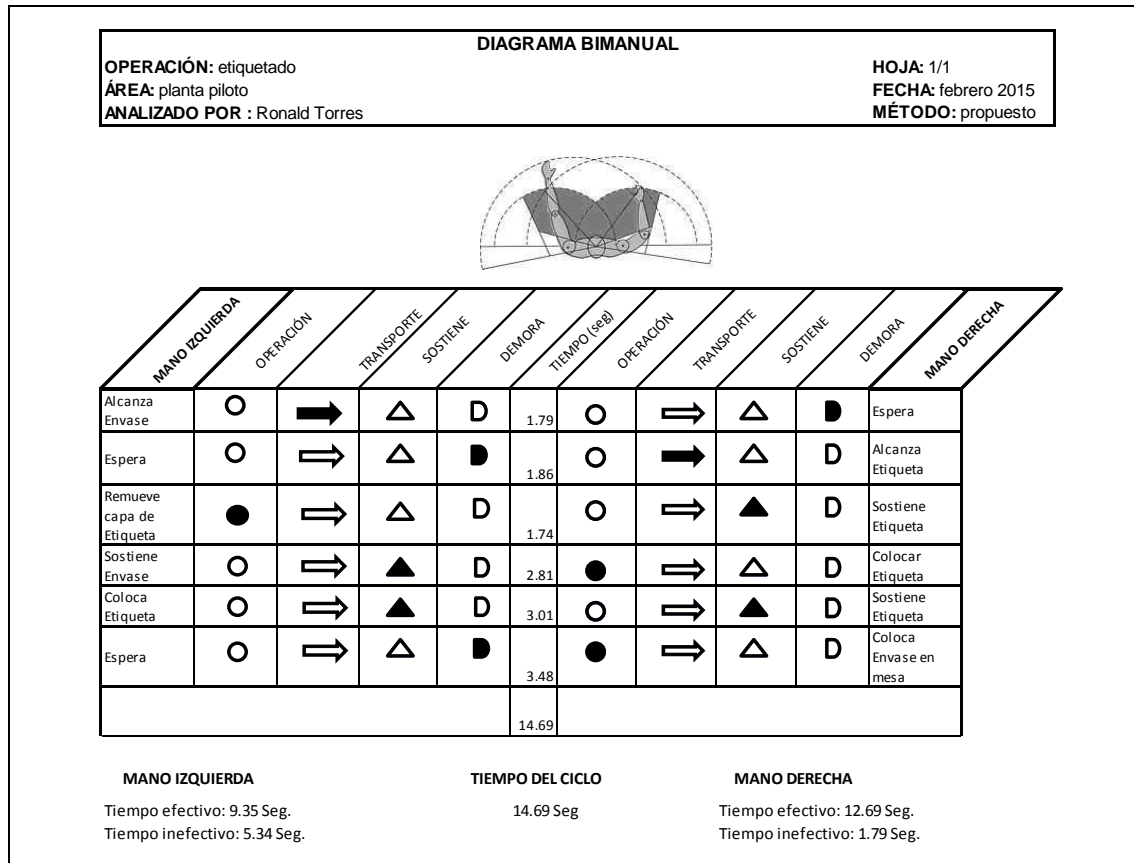
Tabla XXIX. **Símbolos del diagrama bimanual**

| ACTIVIDAD                      | DEFINICION   | SIMBOLO   |
|--------------------------------|--|---|
| Operación                      | Se emplea para los actos de asir, sujetar, utilizar, soltar, entre otros. Una herramienta, pieza o material.   |  |
| Transporte                     | Se emplea para representar el movimiento de la mano hasta el trabajo, herramienta o material o desde uno de ellos.   |  |
| Demora                         | Se emplea para indicar el tiempo en que la mano no trabaja (aunque quizá trabaje la otra.)   |  |
| Sostenimiento o almacenamiento | Con los diagramas bimanuales no se emplea el término almacenamiento y el símbolo que le correspondía se utiliza para indicar el acto de sostener alguna pieza, herramienta o material, con la mano cuya actividad se está consignando. |  |

Fuente: GARCÍA CRIOLLO, Roberto. *Estudio del trabajo*. p. 79

- Ejemplo práctico: diagrama bimanual del proceso de etiquetado de los envases de desinfectante, en la planta piloto.

Figura 50. Diagrama bimanual, proceso de etiquetado



Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Excel 2010.

- Caso práctico
  - Realizar el análisis de movimiento del proceso de agregado del componente nonilfenol en el tanque mezclador.
  - Analizar y realizar el diagrama bimanual del proceso de formulaciones (preparación y medición de un componente).

### 2.5.2.5. Práctica 5. Ergonomía

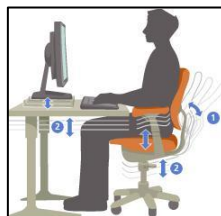
Es una herramienta que no requiere mucho entrenamiento que, por necesidad, debe estar enfocada en el producto y en el usuario del proceso.

En síntesis, se puede decir que la ergonomía es la disciplina científica que estudia todo lo concerniente a la relación entre el hombre y sus condiciones de trabajo.<sup>24</sup>

Con la ergonomía se busca que el operario tenga un adecuado lugar de trabajo, que cumpla con todas las condiciones para que este pueda desempeñar su trabajo, sin que sufra de enfermedades o lesiones profesionales.

En el caso de una persona que trabaja en un cubículo, se debe analizar la forma adecuada en que esta se posiciona en la silla y en el escritorio de trabajo, porque existen distintas formas en que la persona se puede colocar, sin embargo no todas las posiciones son correctas y pueden producirle dolores de espalda, dolor en las manos, y fatiga en la vista.

Figura 51. Postura correcta en escritorio

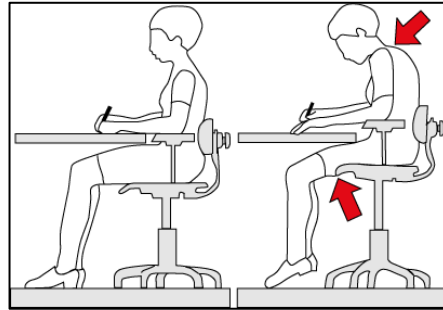


Fuente: *Prevención de riesgos laborales.*

<http://media.prevencionar.com/uploads/2013/02/ergo1.jpg>. Consulta: enero 2015.

<sup>24</sup> GARCÍA CRIOLLO, Roberto. *Estudio del trabajo*. p. 170.

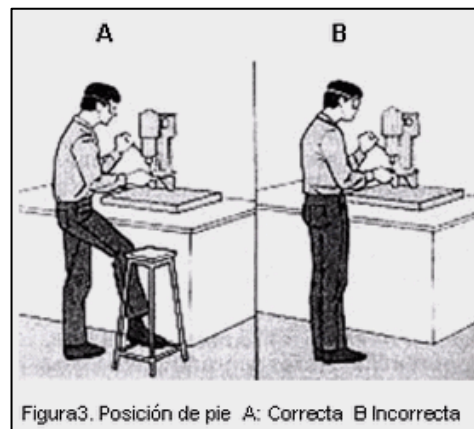
Figura 52. **Postura correcta y postura incorrecta**



Fuente: *Trabajo y ergonomía*. <https://javoandres.files.wordpress.com/2011/03/ergonomia2.gif>.  
Consulta: enero de 2015.

Además de las instalaciones en la oficina también se puede dar el caso de personas que trabajan en el área operativa y la posición en que se encuentren, debe ser la adecuada para evitar el desgaste físico.

Figura 53. **Posición de pie correcta e incorrecta**



Fuente: *Riesgos de higiene industrial*. <http://higieneecci.blogspot.com/2012/04/riesgos-de-higiene-industrial.html>. Consulta: enero de 2015.



- Caso práctico:
  - Realizar un análisis para evaluar las estaciones de trabajo, maquinaria, herramientas y equipo utilizado en la planta piloto.
  - Realizar un análisis de mejora de las situaciones actuales de la planta piloto.

#### **2.5.2.6. Práctica 6. Método propuesto**

En la ingeniería de métodos su principal función es la de mejorar y establecer métodos de trabajo que ayuden a simplificar la operación y a mejorar la eficiencia de los trabajadores al momento de ejecutar una tarea establecida.

Cuando se estudia un área de trabajo y esta se analiza y se determina cambiar el método actual se procede a realizar mejoras al proceso de producción, este se deberá llevar a cabo con la aprobación de la dirección de la empresa y respaldado por la persona encargada del estudio del trabajo.

Para la aplicación del nuevo método se divide en cinco etapas las cuales son:

- Vender las ideas propias relacionadas con el fin del estudio y las aportaciones y sugerencias de los trabajadores relacionados con el tema. Durante el periodo de estudio pedir a los supervisores que emitan los puntos de vista propios. Dejar que el trabajador desempeñe un papel lo más amplio posible en la creación y el desarrollo del nuevo método, a fin de que también lo considere como obra suya.

- Preparar un informe que contenga:
  - Diagrama propuesto con firma de aprobación.
  - El costo de materiales, mano de obra y gastos generales de los métodos.
  - Las economías esperadas.
  - El aumento de producción.
  - La reducción de desperdicios.
  - El aumento de la calidad y la seguridad industrial.
  - Necesidades de inversión.
  - El costo de implantar el nuevo método.
  - La acción ejecutiva que se necesita para implantar el nuevo método.
  - El calendario de su implantación.
  
- Examinar los informes juntos, con el supervisor y la dirección, en su caso.
- Lograr la aprobación de los cambios por parte de los trabajadores y la dirección.
- Preparar las normas de ejecución por escrito. En esta fase deben de elaborar hojas con instrucciones para el operador y carta de descripción del método, o carta de fabricación, con objeto de:
  - Registrar todos los detalles del nuevo método
  - Explicar el método de los afectados
  - Preparar el equipo necesario
  - Ayudar al adiestramiento o readiestramiento
  - Tener la base para el estudio de tiempos.<sup>25</sup>

---

<sup>25</sup> GARCÍA CRIOLLO, Roberto. *Estudio del trabajo*. p. 132.

Para aplicar el nuevo método se debe de tomar en cuenta las siguientes consideraciones:

- Cuando se propone una mejora se debe de tener la seguridad que es práctica bajo las condiciones de trabajo en que va operar. Esta se debe someter a una revisión detallada utilizando un procedimiento analítico.
- En la revisión se debe de incluir fundamentalmente todos los aspectos económicos, y de seguridad, así como los factores de calidad, cantidad de fabricación, entre otros.
- Si cumple con todos los aspectos generales también se debe de considerar si se afecta a otros departamentos u otras personas. Si llegara a suceder el caso de afectar a otras personas, se debe de analizar no perjudica a los demás dado el caso se debe de contar con una buena cooperación con el personal para poder ejecutar la mejora.

Los intereses de los individuos son afectados favorable o desfavorablemente por lo tanto se debe de tener en cuenta:

- Informar con anticipación al personal sobre los cambios que le afectarán.
- Tratar al personal con la dignidad que se merece por su calidad humana.
- Proponer que todos aporten sugerencias.
- Reconocer la participación de quien lo merezca.
- Ser honesto en el uso de las sugerencias ajenas.
- Explicar las razones del rechazo de una idea sugerida.
- Hacer sentir al personal que forma parte del esfuerzo común para mejorar las condiciones de trabajo de la fábrica.
- Capacitar al trabajador que va aplicar al nuevo método.<sup>26</sup>

---

<sup>26</sup> GARCÍA CRIOLLO, Roberto. *Estudio del trabajo*. p. 133.

Para llevar a cabo la implementación de un nuevo método de trabajo el principal obstáculo por parte del trabajador será la resistencia al cambio. Esto debido a que los trabajadores perciben una amenaza a su trabajo; la primera reacción es la de poner en forma negativa el método propuesto y decir que no se puede llevar a cabo.

Algunas de las principales causas de la resistencia al cambio son:

- Temor a lo desconocido.
- Inercia de los viejos métodos.
- Incertidumbre.
- No entender lo nuevo.
- Sentimiento de obsolescencia.
- Por diferencias personales entre quien cambia y quien debe ser afectado por el cambio.
- Inoportunidad de los cambios.
- Por relaciones sociales.
- Resentimiento contra las órdenes nuevas y contra un mayor control de las actividades.
- Por actitudes sindicales.
- Por factores económicos.
- El que cambia debe hacer que la resistencia se reduzca, elimine y se acepte el cambio mediante la identificación de la causa de la resistencia, un adecuado programa de comunicación y el involucramiento de los interesados.<sup>27</sup>

---

<sup>27</sup> GARCÍA CRIOLLO, Roberto. *Estudio del trabajo*. p. 136.

Existen varios factores que pueden disminuir la resistencia al cambio entre los trabajadores los cuales son:

- Incentivo económico
- Comunicación entre quien implementa y quien lo va aplicar
- Acuerdos tomados en grupo
- Actitudes para romper el hielo
- Negociaciones
- Hacer cambios por vía de ensayo

En casos donde surja la resistencia al cambio se debe de explicar al trabajador que su trabajo no está en peligro y que es un nuevo método para mejorar el proceso y este sea en beneficio de la empresa y como trabajador de la misma debe colaborar con las mejoras que se plantean.

- Ejemplo práctico: plantear el problema con claridad, es decir, explicar de qué se trata. Se ha notado que los trabajadores del área A, utilizan mucho tiempo en ir a depositar el producto empacado a los contenedores y dejan sola su área de trabajo.
  - ¿Cómo se percató el problema?: por medio de la observación directa se detectó que el área de algunos operarios se encontraba las estaciones de trabajo vacías, esto debido a que ocupan tiempo en trasladarse hasta los contenedores.
  - Resaltar los efectos del problema: al irse a depositar el producto a los contenedores a una distancia de 9 metros de su puesto de trabajo, no solo el trabajador pierde tiempo sino que también retrasa la capacidad productiva de la línea.

- Presentar sugerencias: sugerir la implementación de contenedores móviles que sean de fácil manejo y traslado para los trabajadores, para que se pueda utilizar en el área donde se necesiten.
- Estudiar el costo de la sugerencia: se ha calculado que la modificación costará lo siguiente:
  - Costo de contenedor metálico            Q 1 000,00
  - Total (3 contenedores)                    Q 3 000,00
- Estimar el ahorro en un año: en resumen se calcula que se pierde el equivalente de una hora de trabajo diaria de una persona. (Q 9,04 hora/trabajador).
  - En tres turnos: Q 27,12
  - En 264 días: Q 7 159,68
- Resultado: si el costo de instalación es de Q 3 000 y se ahorran al año Q 4 159,68 esto quiere decir que en 7 meses se cubrirá el pago de los contenedores y empleado no tendrá que trasladarse una larga distancia para depositar el producto.
- Caso práctico: realizar un análisis de un proceso que necesite mejora en la optimización de tiempo o recursos, en la planta piloto de producción.

### **2.5.2.7. Práctica 7. Estudio de tiempos**

El estudio de tiempos es una herramienta que permite determinar con mayor exactitud el tiempo necesario para poder llevar a cabo una tarea. Estos estudios se llevan a cabo cuando surgen las necesidades de terminar la

eficiencia, productividad con base en la capacidad instalada y la capacidad real que está produciendo la línea; esto debido a que se debe analizar el tiempo que se necesita emplear para poder realizar los pedidos y planes de producción, determinando si es adecuada la cantidad de personal con la que se está trabajando y si es necesario contratar a más trabajadores.

Un estudio de tiempos con cronómetro se lleva cabo cuando:

- Se va ejecutar una nueva operación, actividad o tarea.
- Se presentan quejas de los trabajadores o de sus representantes sobre el tiempo que insume una operación.
- Surgen demoras causadas por una operación lenta, que ocasiona retrasos en los demás operaciones.
- Se pretende fijar los tiempos estándar de un sistema de incentivo.
- Se detectan bajos rendimientos o excesivos tiempos muertos de alguna máquina o grupo de máquinas.
  
- Pasos para la realización del estudio de tiempos
  - Preparación: selección de la operación, selección del trabajador, actitud frente al trabajador y análisis de comprobación del método de trabajo.
  - Ejecución: obtener y registrar la información, descomponer la tarea en elementos, cronometrar y calcular el tiempo observado.
  - Valoración: ritmo normal del trabajador promedio, técnicas de valoración y cálculo de tiempo base o valorado.
  - Suplementos: análisis de demoras, estudio de fatiga, cálculo de suplemento y sus tolerancias.

- Tiempo estándar: error de tiempo estándar, cálculo de frecuencia de los elementos, determinación de tiempos de interferencia y cálculo de tiempo estándar.<sup>28</sup>
- Ejecución del estudio de tiempos

Obtener y registrar toda la información concerniente a la operación. Es importante que el analista registre toda la información pertinente obtenida mediante observación directa, en previsión de que sea menester consultar posteriormente el estudio de tiempos. Por lo tanto es necesario hacer un estudio sistemático del producto y del proceso para facilitar la producción y eliminar ineficiencias, lo cual constituye el análisis de la operación.

Las operaciones deben ser aisladas o estudiadas individualmente con todo cuidado.<sup>29</sup>

- División de la operación en elementos: Elemento es un parte esencial y definida de una actividad o tarea determinada compuesta por uno o más movimientos fundamentales del operador y de los movimientos de una máquina o las fases de un proceso, seleccionado para fines de observación y cronometraje.
- Reglas para seleccionar los elementos.
  - Los elementos deben ser de fácil identificación, con inicio y término claramente definidos. El comienzo o fin pueden ser reconocidos por medio de luz o sonido.
  - Los elementos deben ser lo más breve posible.
  - Se deben separar los elementos manuales de los mecánicos; durante los manuales el operador puede reducir el tiempo de ejecución según su interés y habilidad; sin embargo, los tiempos

---

<sup>28</sup> GARCÍA CRIOLLO, Roberto. *Estudio del trabajo*. p. 185.

<sup>29</sup> *Ibíd.*



- máquina son totalmente ajenos al operador, puesto que dependen de las velocidades, avances, etcétera que se hayan señalado.
- Es necesario separar los elementos manuales a máquina parada de los de máquina en marcha. Lo primeros pueden reducir el ciclo de trabajo de la actividad desarrollada por el operador; los de la máquina no influyen en el ciclo, pero intervienen en la saturación del operador.<sup>30</sup>

#### **2.5.2.8. Práctica 8. Cronometración**

Una vez que se ha registrado toda la información general y la referente al método normalizado de trabajo, la siguiente fase consiste en medir el tiempo de la operación, tarea que se llama cronometraje.

Los instrumentos que se emplean para medir el tiempo son los cronómetros; de estos existen de diferentes tipos; lo ideal es que cumpla con las mediciones necesarias para realizar el trabajo.

Para realizar las mediciones del tiempo existen métodos distintos, los cuales son:

- Método de cronometración con regreso a cero: en este método inicia activando el cronometro y tomando la medida inmediatamente después de que se realice la operación de trabajo. Las ventajas de este método son que la toma de tiempos será directa ya que cada lectura inicia en cero, los datos que se proporcionen para el estudio, se usa un solo reloj. Algunas de las desventajas de este método son la pérdida de tiempo y de procedimiento, ya que se repite el proceso y se regresa a cero el cronometro.

---

<sup>30</sup> GARCÍA CRIOLLO, Roberto. *Estudio del trabajo*. p. 192.

- Método de Cronometración continua: con este método el cronometro se pone en marcha y su finalización será hasta que termine la toma de tiempos con el fin del proceso. Para determinar el tiempo medido por cada operación se debe de restar la última lectura con la anterior para obtener el sato exacto.

Una de las ventajas es que se reduce el tiempo evitando la vuelta a cero en el cronometro, muestra el tiempo total que se tardó el operario en realizar la operación.

Las desventajas de este método son el trabajo que requiere más tiempo debido a la resta de última lectura con la lectura anterior, se requiere de práctica para poder agilizar el trabajo.

- Equipo de trabajo para las mediciones de tiempo: se requiere de la utilización de una tabla donde se coloca la hoja de toma de datos para facilitar el apunte de los mismos; además se utiliza el formato de apuntes donde se colocan todos los datos del producto, proceso, operación, operación, entre otros.
- Tiempo normal: el tiempo normal se calcula con la calificación que se le otorgó al trabajo del operario. El porcentaje de clasificación se le agrega al tiempo promedio que se obtuvo de la toma de datos. La calificación de las habilidades se toma con base en las tablas propuestas por Roberto García Criollo.
- Tiempo estándar: Es aquel tiempo que se concede para efectuar una tarea. En él están incluidos los tiempos de los elementos cíclicos (repetitivos, constantes y variables), así como los elementos casuales o contingentes que fueron observados durante el estudio de tiempos.

A estos tiempos ya valorados se les agregan los suplementos siguientes:  
personales, por fatiga y especiales.<sup>31</sup>

- Ejemplo práctico: en una empresa que produce artículos para el hogar en el proceso de etiquetado se realiza de forma manual por medio de un trabajador, se desea saber el tiempo de ejecución del proceso para determinar el tiempo de producción por cada envase para pronosticar futuras demandas por lo que se deberá a proceder a separar el proceso de etiquetado para poder realizar una toma de tiempos.

Tabla XXX. **Formato de toma de tiempos**

| TOMA DE TIEMPOS                        |                            |      |      |                 |      |      |          |
|--|----------------------------|------|------|-----------------|------|------|----------|
| <b>Empresa:</b> planta piloto          |                            |      |      | <b>Turno:</b> 1 |      |      |          |
| <b>Proceso:</b> colocación de etiqueta |                            |      |      |                 |      |      |          |
| <b>Método:</b> actual                  |                            |      |      |                 |      |      |          |
| Tiempo (segundos)                      |                            |      |      |                 |      |      |          |
| Núm.                                   | Descripción                | 1    | 2    | 3               | 4    | 5    | Promedio |
| 1                                      | Colocar en mesa            | 1,72 | 2,28 | 1,70            | 1,77 | 1,93 | 1,88     |
| 2                                      | Ordenar envases            | 2,84 | 1,22 | 1,45            | 1,88 | 1,67 | 1,81     |
| 3                                      | Limpiar envase             | 2,87 | 3,39 | 4,06            | 3,58 | 2,31 | 3,24     |
| 4                                      | Colocar etiqueta           | 6,15 | 6,20 | 6,86            | 5,49 | 6,64 | 6,27     |
| 5                                      | Almacenar envases en cajas | 1,73 | 1,93 | 2,19            | 2,26 | 2,08 | 2,03     |

Fuente: elaboración propia.

<sup>31</sup> GARCÍA CRIOLLO, Roberto. *Estudio del trabajo*. p. 240.

- Tiempo cronometrado de la operación:

$$TC = 1,88 + 1,81 + 3,24 + 6,27 + 2,03$$

$$TC = 15,23 \text{ segundos}$$

- Tiempo estándar:

$$TN = TC * FC$$

$$FC = \text{Habilidad} + \text{esfuerzo} + \text{condiciones} + \text{consistencia}$$

$$FC = 0,10 + 0,10 + 0,05 + 0,05$$

$$FC = 0,3$$

$$TN = 15,23 * 1,3$$

$$TN = 19,79 \text{ segundos}$$

Tabla XXXI. **Calificación de suplementos**

| <b>Suplementos</b>               |     |
|----------------------------------|-----|
| Hombre                           | 9 % |
| Por trabajar de pie              | 2 % |
| Trabajos de precisión o fatigoso | 2 % |
| Proceso bastante complejo        | 1 % |

Fuente: elaboración propia.

- Suplementos = 14 %

$$TE = TN * \text{suplementos}$$

$$TE = 19,79 * 1,14$$

$$TE = 22,56 \text{ segundos}$$

Con el resultado que se obtuvo del tiempo estándar de 22,56 segundos, este dato ya incluye el factor de calificación del operario, así como los suplementos que contienen la fatiga de personal, dependiendo del género del operario.

- Caso práctico:
  - Realizar toma de tiempos cronometrados en cualquiera de los 2 métodos, en el proceso de agregación de componentes y etiquetado.

#### **2.5.2.9. Práctica 9. Balance de líneas**

La producción en línea es una disposición de áreas de trabajo donde las operaciones consecutivas de trabajo están colocadas inmediatamente adyacentes, donde el material se mueve continuamente y a un ritmo uniforme a través de una serie de operaciones equilibradas que permiten la actividad simultánea en todos los puntos, moviéndose el producto hacia el fin de su elaboración a lo largo de un camino razonadamente directo.

Deben existir ciertas condiciones para que la producción en línea sea práctica:

- Cantidad: el volumen o cantidad de producción debe ser suficiente para cubrir el costo de la preparación de la línea. Esto depende del ritmo de producción y de la duración que tendrá la tarea.
- Equilibrio: los tiempos necesarios para cada operación en la línea deben ser aproximadamente iguales.

- Continuidad: una vez iniciadas, las líneas de producción deben continuar, pues la detención en un punto corta la alimentación del resto de las operaciones.

Con el balance de líneas se busca determinar la cantidad de operaciones y de las estaciones de trabajo asignadas en la línea de producción. Además, se establece que la tasa de producción depende del operario más lento.

- Ejemplo práctico: tomando como base los tiempos determinados y para una eficiencia del 95 %, cuál sería el número de operarios en la línea para producir 5 000 unidades en un turno de 8 horas, y el número de operarios por estación. Se desea que se produzcan 700 unidades diarias.

En la línea de producción hay 5 estaciones, los cuales muestran los siguientes tiempos en minutos.

Tabla XXXII. **Tiempo por estación**

| <b>Estación</b> | <b>Tiempo</b> | <b>Tiempo permitido</b> |
|-----------------|---------------|-------------------------|
| Estación 1      | 2,59          | 3,28                    |
| Estación 2      | 2,14          | 3,28                    |
| Estación 3      | 2,44          | 3,28                    |
| Estación 4      | 3,06          | 3,28                    |
| Estación 5      | 3,28          | 3,28                    |

Fuente: elaboración propia.

$$\sum ME = 13,51 \text{ minutos}$$

$$N = \frac{665 \text{ unidades}}{480 \text{ min}} * \frac{13,51}{0,95}$$

$$N = 19,70 \cong 20 \text{ operarios}$$

- Tiempo en que se debe de producir una unidad:

$$t = \frac{480}{700} = 0,685 \text{ minutos}$$

- Estimación de cantidad de operarios en cada estación de trabajo

$$\text{tiempo por unidad} = \frac{\text{Tiempo estándar}}{\text{tiempo produccion por unidad}}$$

Tabla XXXIII. **Número de operarios por estación**

| <b>Estación</b> | <b>Tiempo estándar (min)</b> | <b>Tiempo por unidad</b> | <b>Núm. de operarios</b> |
|-----------------|------------------------------|--------------------------|--------------------------|
| Estación 1      | 2,59                         | 3,78                     | 4                        |
| Estación 2      | 2,14                         | 3,12                     | 3                        |
| Estación 3      | 2,44                         | 3,56                     | 4                        |
| Estación 4      | 3,06                         | 4,46                     | 4                        |
| Estación 5      | 3,28                         | 4,78                     | 5                        |

Fuente: elaboración propia.

- Estación más lenta:

$$\text{Estación más lenta} = \frac{\text{Tiempo estándar}}{\text{Núm. de operarios}}$$

Tabla XXXIV. **Ritmo de producción por estación**

| Estación   | Tiempo estándar (min) | Núm. de operarios |               |
|------------|-----------------------|-------------------|---------------|
| Estación 1 | 2,59                  | 4                 | 2,59/4 = 0,65 |
| Estación 2 | 2,14                  | 3                 | 2,14/3 = 0,71 |
| Estación 3 | 2,44                  | 4                 | 2,44/4 = 0,61 |
| Estación 4 | 3,06                  | 4                 | 3,06/4 = 0,76 |
| Estación 5 | 3,28                  | 5                 | 3,28/5 = 0,66 |

Fuente: elaboración propia.

- La estación número. 4 determina el ritmo de producción de la línea:

$$\text{Produccion} = \frac{\text{Núm. de operarios} * 60}{\text{Tiempo estándar}}$$

$$\text{Producción} = \frac{4 * 60}{3,06} = 78,43 \cong 78 \text{ unidades/hora}$$

Se puede concluir que la línea de producción con una eficiencia del 95 %, con 20 operarios y un ritmo de producción de 78 unidades por hora puede cumplir la demanda en 9 días de trabajo efectivo.



- Caso práctico:
  - Realizar el balance de líneas en la producción de desinfectantes de la planta piloto.
  - Calcular la eficiencia de las líneas de producción con la asignación actual y con el balance aplicado.

### **2.5.3. Prácticas de diseño para la producción**

El curso está enfocado para que el estudiante conozca los elementos y técnicas que intervienen en el diseño para la producción, considerando el diseño de los productos y servicios.

#### **2.5.3.1. Práctica 1. Conceptos generales y diseño del producto**

Un producto se puede definir como el bien o servicio que le otorga la empresa al cliente para satisfacer sus necesidades.

Los productos y sus combinaciones de atributos como diseño, color, calidad, etiquetado, envasado, tamaño, duración, tendencia, entre otros, son el resultado de las estrategias comerciales de las empresas en la fabricación del mismo, produciendo a menor costo con una buena calidad, pudiendo generar más ventas y utilidades a la empresa.

La creación de nuevos productos surge de las necesidades que tienen los consumidores o bien la empresa impulsa al consumidor a comprar determinado producto.

Como todo producto en el mercado este deberá pasar un proceso, el cual empieza desde el análisis del mercado para determinar su factibilidad de producción y venta; esto para determinar si existen productos similares en el mercado, analizar la competencia si existiera y el análisis de precios. Con la veracidad del estudio del producto, mostrando una viabilidad adecuada y rentable, se da paso al diseño que será la manera concreta de sustentar la idea donde se incluyan las especificaciones técnicas, planos, materia prima y costos de producción.

#### **2.5.3.1.1. Ciclo de vida del producto**

Las principales fases en el ciclo de vida de un producto son: introducción, crecimiento, madurez y declive.

En la fase de introducción las ventas son reducidas por ser un producto nuevo que empieza en el mercado su crecimiento es lento. El aumento de la demanda está en su fase de aceptación o rechazo del producto; esto depende de su adaptación a las necesidades del consumidor y de la presencia de sustitutos de una forma o de otra.

En la segunda fase de crecimiento la demanda crece rápidamente, en esta fase el producto ya es aceptado por el consumidor, por lo que se debe aumentar la expansión del sistema productivo y comercialización. El crecimiento de la demanda puede generar competencia debido al incremento de las ventas.

En la fase de madurez y saturación de mercado, la demanda muestra pequeños índices de crecimiento, por lo regular mantiene un nivel estable; los costos de producción disminuyen y se puede ampliar la gama del producto.

La última de las fases que es la de declive, el producto empieza a perder su atractivo para los consumidores; estos concentran su atención en productos nuevos que salen al mercado que pueden cumplir con la misma necesidad pero de una forma más sofisticada. En esta fase las ventas comienzan a disminuir; la oferta superará a la demanda, se reduce el número de producción, así como su gama de productos, la competencia intensa reduce los precios y la rentabilidad, se considera la eliminación del producto y un sustituto para el mismo.

- Caso práctico
  - Realizar un análisis de los productos fabricados en la planta piloto, tomando en cuenta, a quién va dirigido y el consumo del mismo (mercado).
  - Realizar un análisis del ciclo de vida del producto desinfectante.

### **2.5.3.2. Práctica 2. Diseño del producto**

El proceso de diseño industrial conlleva la realización de un conjunto complejo de actividades, que varían según el proyecto concreto al que se deba enfrentar y en función del tipo de innovación que se requiera, en ellas interviene la mayoría de elementos de la organización empresarial y afecta a todo el proceso productivo. El proceso de diseño se suele dividir en cinco fases:

- Identificación de oportunidades o necesidades: se obtiene información sobre las necesidades que tienen los consumidores o qué tipo de producto es la tendencia actual, por lo que se determina crear un producto innovador o realizar cambios en un producto ya existente. Durante esta fase se determina el diseño del concepto, se selecciona el mercado al cual va dirigido el producto, el nivel de rendimiento, los

recursos necesarios para fabricarlo y el análisis financiero del producto. Las principales fuentes de ideas para este proceso son: clientes a quienes va dirigido, Ingenieros y diseñadores, el personal de *I+D+I*, quienes aportaran avances tecnológicos que pueden dar lugar a nuevos productos innovadores, competidores mejorando el producto de la competencia, alta dirección, empleados de la empresa y centros públicos de investigación.

- Selección de ideas: en el momento que se generan y se aportan ideas ninguna debe ser descartada, es decir todas son tomadas en cuenta; sin embargo deben de pasar un filtro de selección para seleccionar las mejores que tengan más posibilidades de éxito, lo que conlleva a un análisis de la viabilidad del producto desde distintos puntos de vista que son: viabilidad comercial y económica, viabilidad técnica, valoración de las reacciones de la competencia y ajuste a los objetivos de la organización.
- Desarrollo e ingeniería del producto y del proceso: en esta fase se realiza la mayor parte de las actividades de diseño de detalle y de desarrollo del producto, así como los procesos de producción necesarios para la fabricación y lanzamiento al mercado.
- Pruebas y evaluación (creación de prototipos): se fabrican prototipos de prueba del producto y se evalúan los diseños realizados, y se simula el proceso de fabricación, tratando de detectar todas las deficiencias que se generan tanto del nuevo producto como del proceso de producción. Simultáneamente se realizan pruebas de mercado para simular las condiciones reales a las que debe enfrentarse el nuevo producto, se puede realizar en una zona de mercado, la cual resulte representativa de

donde se va a dirigir el producto, para seleccionar la estrategia de lanzamiento más adecuada y poder prever la cifra de ventas.

- Inicio de la producción: después de realizar la evaluación de las pruebas y estas son propicias, se finaliza el proceso de prueba y se inicia la producción a gran escala del producto, se inicia el proceso de lanzamiento del nuevo producto, su distribución inicial y todas las operaciones necesarias para apoyar su incorporación al mercado.
  
- Caso práctico
  - Siguiendo las fases del diseño de nuevos productos diseñar un producto innovador que pueda fabricarse en la planta piloto.
  - Realizar un análisis de mejora del desinfectante en aspectos generales de fabricación.

### **2.5.3.3. Práctica 3. Diseño del proceso (diagramas de procesos)**




Un diagrama de proceso es la representación gráfica de la secuencia, en la cual se llevan a cabo las tareas. En los diagramas se documenta el proceso y los pasos a seguir en la elaboración de un proceso de producción.

Los diagramas incluyen la información necesaria para ser analizado todo el proceso, como los pasos, secuencias, el tiempo, las inspecciones, el traslado, las demoras, todo con la finalidad de disminuir deficiencias y mejorar el proceso constantemente.

Para lograr estos propósitos se trabaja principalmente en tres diagramas:

- Diagrama de operaciones: “El diagrama muestra la secuencia cronológica de todas las operaciones que son necesarias para producir diferentes productos que se fabrican en una fábrica o taller, inspecciones, márgenes de tiempo y materiales necesarios, abarcando desde la llegada de la materia prima y material de empaque hasta el empaque del producto final”.<sup>32</sup>

Tabla XXXV. **Símbolos para utilizar en diagrama de operaciones**

| Actividad           | Símbolo   | Función  |
|---------------------|---|--|
| Operación           |   | Se usa para indicar que se realiza una operación, método o procedimiento.      |
| Inspección          |  | Se verifica calidad y cantidad de un trabajo.                                  |
| Operación Combinada |  | Indica cuándo se está llevando a cabo una operación y a la vez se inspecciona. |

Fuente: TORRES, Sergio. *Ingeniería de plantas*. p. 118.

<sup>32</sup> TORRES, Sergio. *Ingeniería de plantas*. p. 118.




Figura 54. **Encabezado diagrama de operaciones**

| <b>DIAGRAMA DE OPERACIONES DEL PROCESO</b> |                             |
|--|-----------------------------|
| Empresa:                                   | Hoja:                       |
| Departamento:                              | Fecha:                      |
| Realizado por:                             | Método:                     |
| Producto:                                  | Inicio: ____ Finaliza: ____ |

Fuente: elaboración propia.





- Diagrama de flujo: Este diagrama contiene, en general, muchos más detalles que el diagrama de operaciones, y va de lo general del diagrama de operaciones a detalles de operación más particulares, este diagrama no se puede utilizar en procesos de ensamble muy complicados, pues dejaría de cumplir su verdadera función. Este diagrama de flujo es especialmente útil para poner de manifiesto costos ocultos como distancias recorridas, retrasos y almacenamientos temporales.<sup>33</sup>

Tabla XXXVI. **Símbolos para elaboración de diagramas de flujo**

| <b>Actividad</b> | <b>Símbolo</b>  | <b>Función</b>  |
|------------------|---|---|
| Operación        |  | Se usa para indicar que se realiza una operación, método o procedimiento.   |
| Transporte       |  | Indica el movimiento de los trabajadores, y equipo de un lugar a otro. Se considera transporte cuando la distancia recorrida es mayor o igual a 1.5 metros. |
| Inspección       |  | Indica verificar calidad y cantidad conforme a especificaciones preestablecidas.  |

<sup>33</sup> TORRES, Sergio. *Ingeniería de plantas*. p. 118.

Continuación de la tabla XXXVI.

|                     |   |   |
|---------------------|---|---|
| Demora              |  | Indica a un período de tiempo en el que se registra una inactividad, ya sea en los trabajadores, materiales o equipo; puede ser evitable o inevitable.                |
| Almacenaje          |  | Indica depósito de un objeto bajo vigilancia en un almacén donde se recibe o entrega mediante alguna forma de autorización o donde se guarda con fines de referencia. |
| Operación combinada |  | Indica el momento en el que se lleva a cabo una operación que a la vez está siendo inspeccionada.   |
| Línea horizontal    |  | Se utiliza para indicar la introducción o salida de materiales o materia prima, ya sea por compra, por trabajo hecho en otra operación.                               |

Fuente: TORRES, Sergio. *Ingeniería de plantas*. p. 118.

Figura 55. **Encabezado diagrama de flujo del proceso**

| <b>DIAGRAMA DE FLUJO DEL PROCESO</b> |                             |
|--------------------------------------|-----------------------------|
| Empresa:                             | Hoja:                       |
| Departamento:                        | Fecha:                      |
| Realizado por:                       | Método:                     |
| Producto:                            | Inicio: ____ Finaliza: ____ |

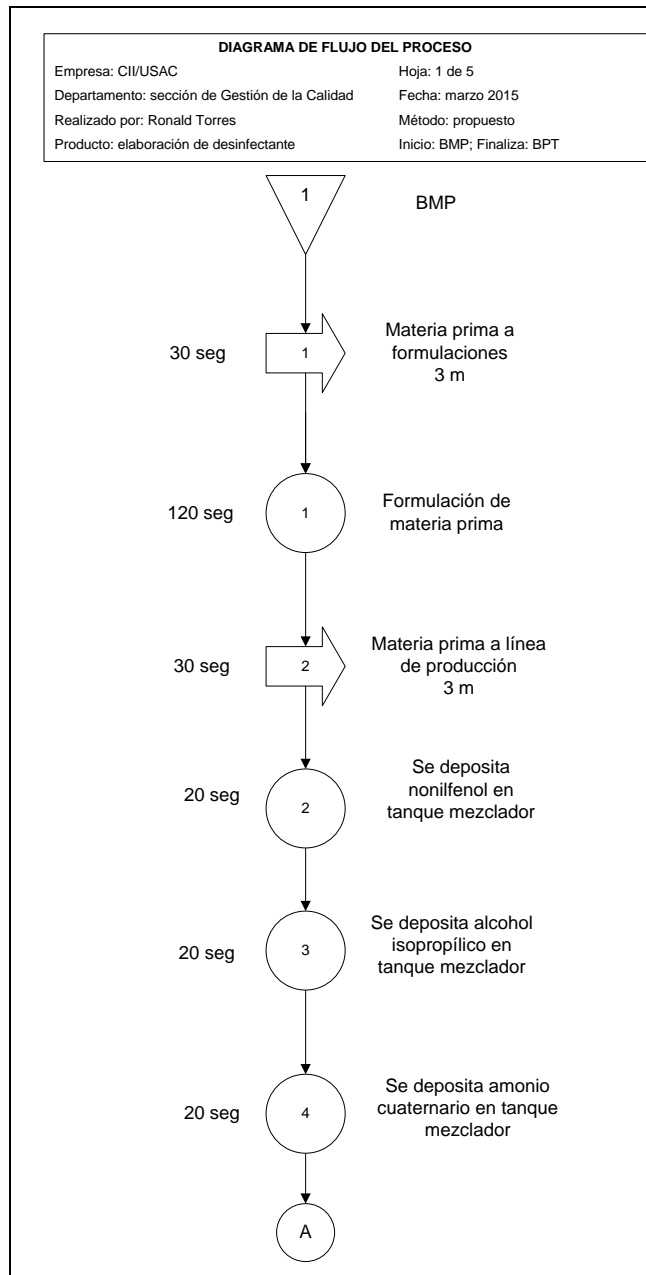
Fuente: elaboración propia.

- Diagrama de recorrido: es una modalidad del diagrama de flujo representado en el plano del curso del trabajo. El plano debe contener todas las áreas actuales incluyendo la maquinaria y todas las instalaciones fijas.

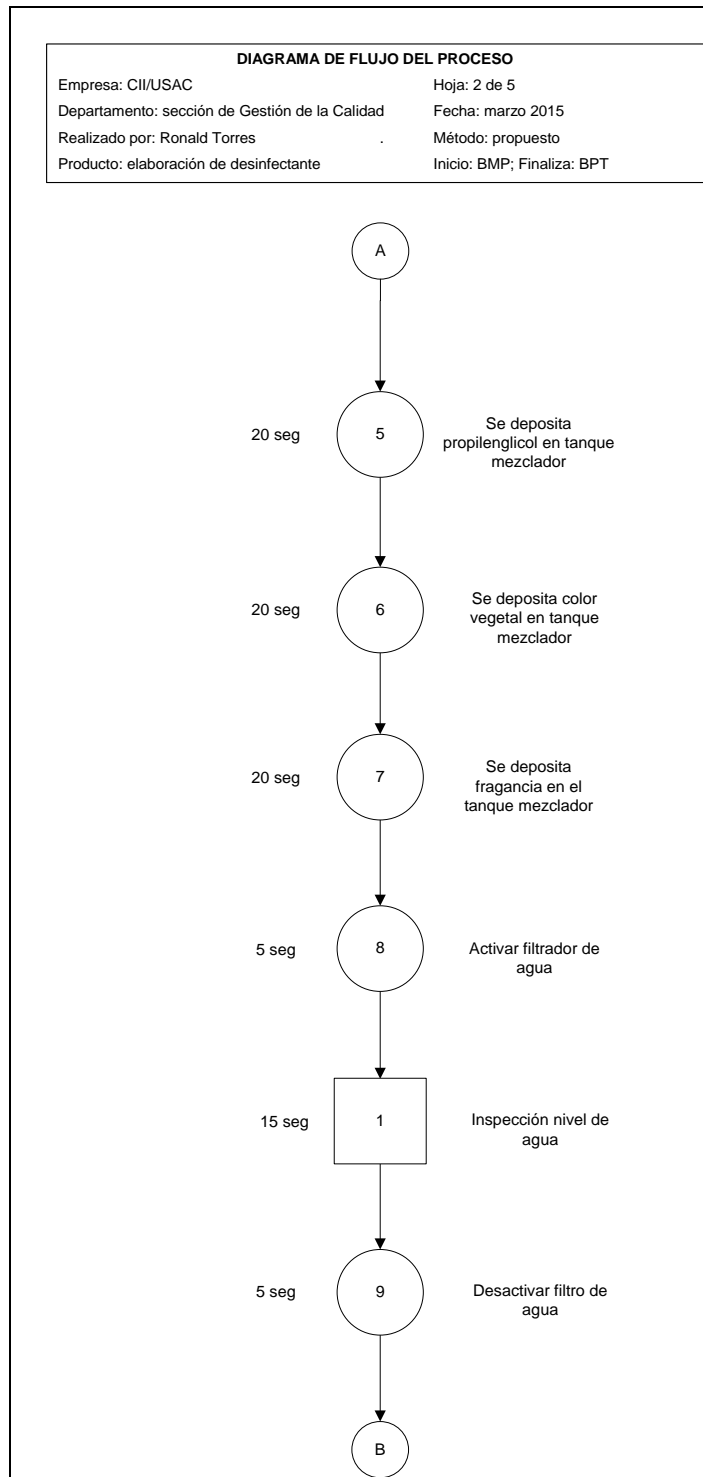


- Ejemplo práctico: diagrama de flujo del proceso de producción de desinfectante.

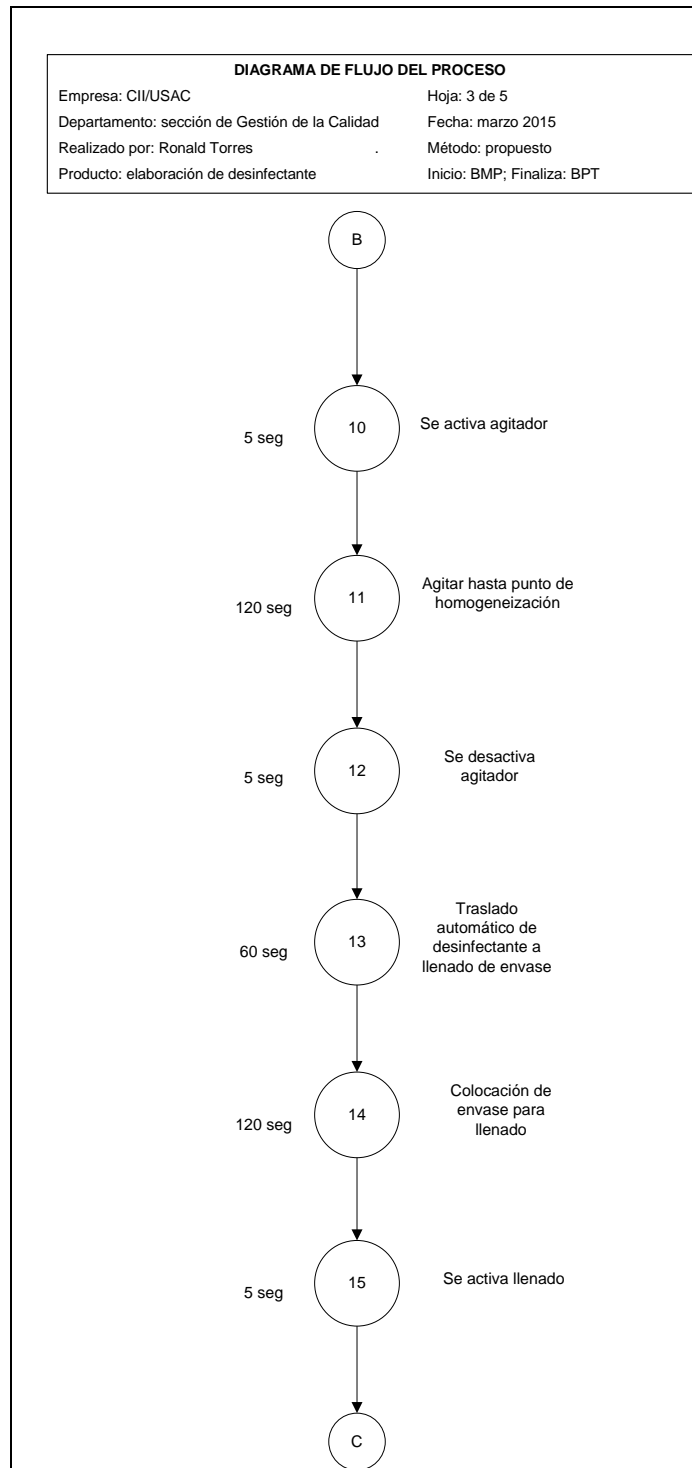
Figura 56. **Diagrama de flujo del proceso de producción de desinfectante**



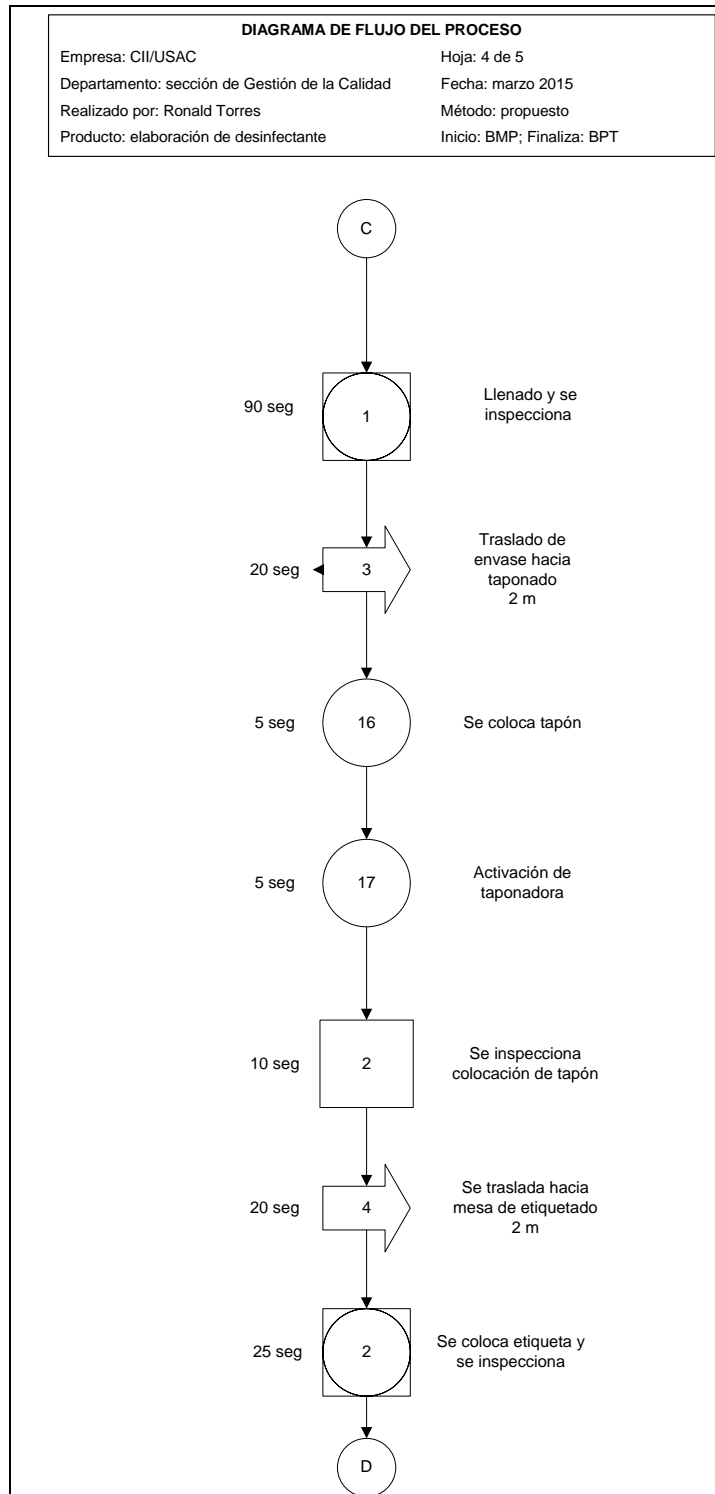
Continuación de la figura 56.



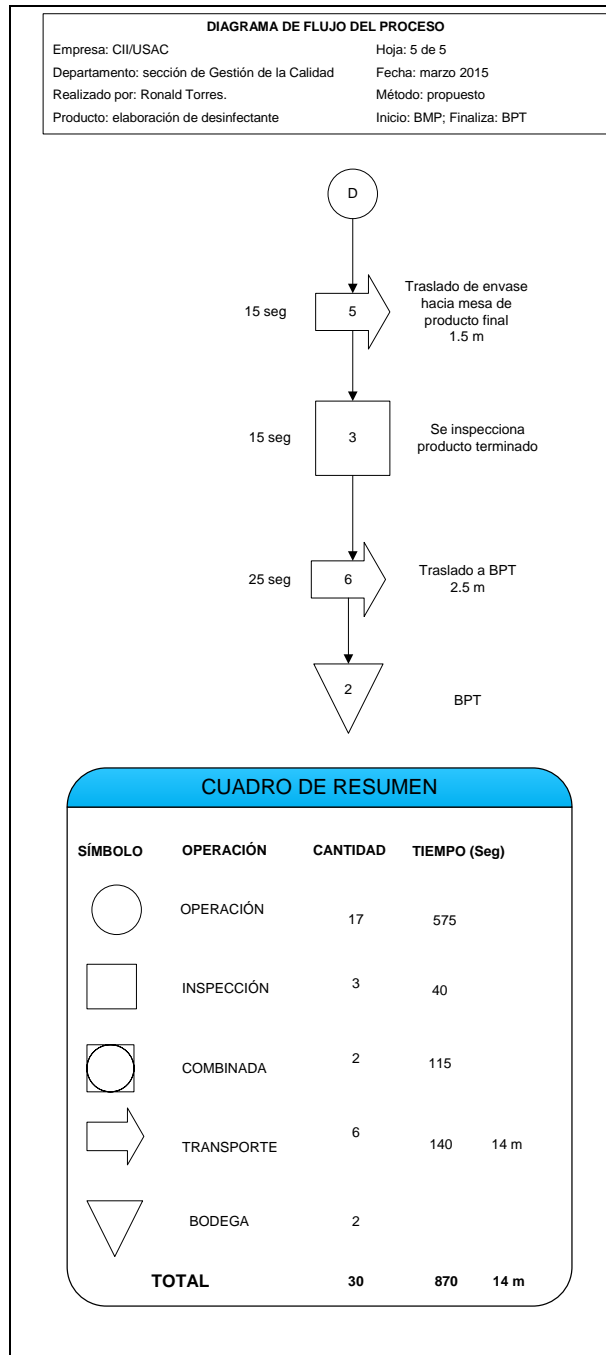
Continuación de la figura 56.



Continuación de la figura 56.



Continuación de la figura 56.



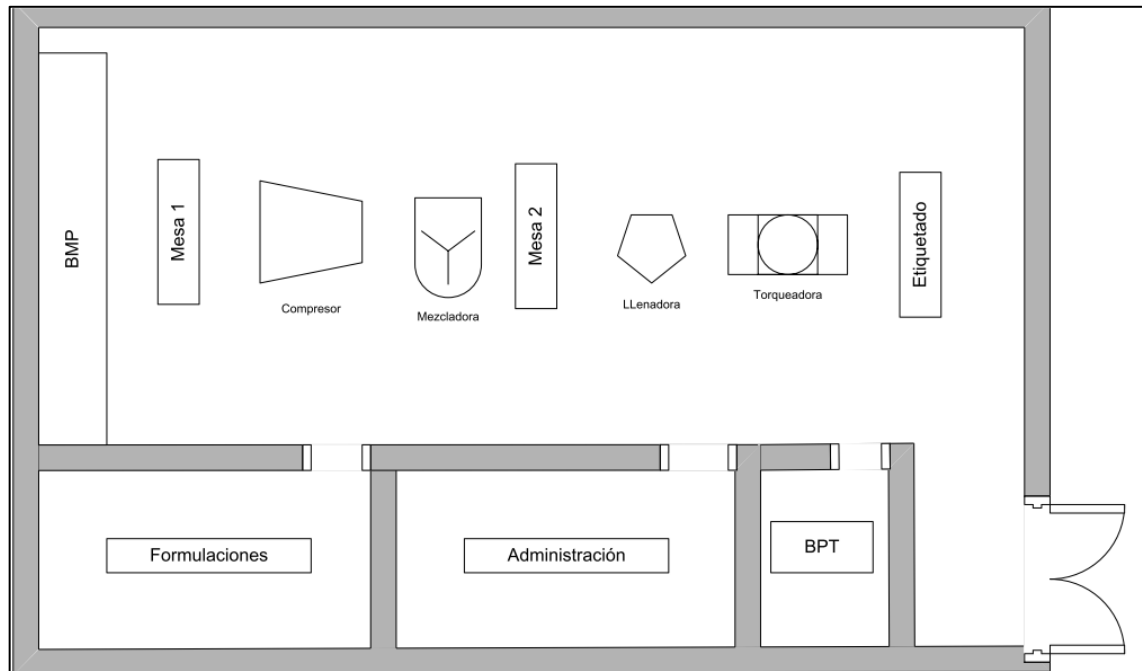
Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Visio 2007.

- Caso práctico

Realizar el diagrama de flujo y diagrama de recorrido utilizando el plano de distribución de maquinaria del proceso de producción, las operaciones del proceso son las siguientes:

El proceso inicia desde el momento de seleccionar los ingredientes para la elaboración del desinfectante. Los materiales se encuentran en la bodega de materia prima, un operario busca los ingredientes (300 seg), se trasladan los materiales hacia el área de formulaciones (3.5 metros, 60 seg), se pesan los ingredientes (420 seg), se trasladan los ingredientes hacia el tanque (3 metros, 60 seg), se abre la llave de llenado del tanque (5 seg), se procede al llenado del tanque (900 seg), se cierra la llave de llenado (5 seg), se agregan los ingredientes en el tanque, noninfeol (20 seg), alcohol isopropílico (20 seg), amonio cuaternario (20 seg), propilenglicol (20 seg), color vegetal (20 seg), fragancia (20 seg), se inspecciona el nivel de agua (10 seg), se activa el mezclador (3 seg), la mezcladora trabaja hasta punto de homogeneización (600 seg), se inspecciona la mezcla (30 seg), se trasladan los galones hacia llenadora (4 metros, 60 seg), llenado de galón (30 seg), inspección de nivel de llenado (10 seg), se traslada hacia mesa de etiquetado (2 metros, 20 seg), se coloca la etiqueta y se inspecciona (30 seg), finalizando el proceso se traslada hacia bodega de producto terminado (5 metros, 60 seg).

Figura 57. **Distribución de maquinaria**



Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Visio 2007.

#### **2.5.3.4. Práctica 4. Diseño de operaciones de servicio**

Para el desarrollo de nuevos productos estos deben de contar con un diseño preliminar para poder desarrollarlos de una manera definida.

Los productos pueden ser ya sea un producto tangible que este se puede ver y tocar (aspecto físico), como los productos intangibles que se caracterizan, porque no se transfieren de propiedad sino que el derecho se perciba.

Una de las principales distinciones entre los productos tangibles y los servicios es que el producto tangible es un objeto físico que contiene aspecto y

color, el servicio consiste en un proceso largo, una relación que se efectúa entre ambas partes.

La interacción con el cliente a menudo afecta de manera adversa la ejecución del proceso. Pero un servicio por su naturaleza, implica la necesidad de cierta interacción y personalización al conocer que los deseos del cliente tienden a ir en contra del proceso, cuanto más se interese el administrador en diseccionar un proceso que se ajuste a estos requerimientos.

El diseño de los servicios es un reto porque cada uno tiene diferentes características. Uno de los motivos para que las mejoras en los servicios sean tan pocas es que tanto el diseño como la entrega del servicio incluyen la interacción con el cliente. Cuando el cliente participa en el proceso de diseño, el proveedor del servicio dispone de un menú de opciones, entre las cuales el cliente elige. Las especificaciones del diseño pueden tomar la forma de un contrato o de narración descriptiva con fotografías.

- Clasificación de procesos de producción: las decisiones relacionadas con la selección del proceso determinan el tipo de proceso productivo que se utilizara. Se debe de decidir si se organiza el flujo del proceso como una línea de alto volumen de producción o como un proceso de producción por lotes con bajo volumen.
  - Flujo lineal: las operaciones de flujo lineal se dividen en dos tipos de producción que son: masiva y continua. La producción masiva es una operación como la que se utiliza en una línea de ensamble de automóviles; la producción continua es cuando los procesos tienden a estar más automatizados y estandarizados.



- Flujo intermitente: debido a que utilizan equipo para propósitos generales y mano de obra altamente calificada, las operaciones intermitentes son estrechamente flexibles para cambiar el producto o volumen. Las operaciones intermitentes se pueden justificar cuando al producto le falta estandarización o cuando el volumen es bajo. En este caso la operación intermitente resulta la más económica y tiene el menor riesgo.
- Por proyecto: la forma de operaciones por proyecto se utilizan para producir productos únicos. Cada unidad de estos productos se elabora como un solo artículo.
- Caso práctico:
  - Realizar un análisis de los tipos de proceso de producción que se utilizan en la planta piloto de producción.

#### **2.5.3.5. Práctica 5. Valor del diseño**

El valor del diseño es la mejor herramienta para valorar el trabajo; lo ideal es cobrar por los servicios de una forma justa, ordenada y equilibrada. El cálculo de valor del diseño es totalmente independiente al costo real, ya que este depende del beneficio.

Para realizar un análisis del valor del diseño de debe de realizar lo siguiente:

- Balance de líneas
- Costo de la mano de obra directa

- Mano de obra indirecta
- Gastos de administración
- Punto de equilibrio
- Costos fijos
- Costos variables
- Costos semivariables
- Días productivos
- Análisis final
  
- Ejemplo práctico: en una empresa que produce pantalones de lona, se necesita obtener el valor del diseño del producto. Contando con los resultados obtenidos en el balance de líneas se determinó que si se cumple con la demanda ya que se desea producir 1 000 unidades/día, con 20 operarios en la línea de producción.

Cada operario recibe un salario de Q 2 450,95; una secretaria Q 3 500, un contador Q 3 500, vendedor Q 2 450,95.

- Se obtuvo un préstamo por Q 100 000,00 con una tasa de interés del 20 % anual a 10 años.
- Cálculo de mano de obra directa

$$20 \text{ operarios} * Q 2 450,95 = Q 49 019$$

- Mano de obra indirecta

*Secretaria* Q 3 500

*Contador* Q 3 500

*Vendedor Q 2 450,95*

*Total Q 9 450,95*

- Cálculos de administración

*Transporte Q 5 000 mensual*

*Materia prima para pruebas Q 15 000*

*Alquiler de local Q 4 000*

*Total Q 24 000*

Alternativas costo de diseño (Q 24 000)

*Imprevisto 15 % Q 3 600*

*Transporte 10 % Q 2 400*

*Utilidad 20 % Q 24 800*

*Total Q 10 800*

*Costo Total del diseño: costo del diseño + costo de alternativas*

*Costo total del diseño = Q 24 000 + Q 10 800*

*Costo total del diseño = Q 34 800*

- Renta por préstamo

Préstamo = Q 100 000

Tiempo = 10 años

interés = 20 % anual; 1,67 mes

$$R = \frac{P * i(1 + i)^n}{(1 * i)^n - 1} = \frac{100\,000(0,0167(1 + 0,0167)^{120})}{(1 + 0,0167)^{120} - 1} = 1\,935,20$$

- Depreciaciones

*Computación (33,33 % anual) = 2,78 % mensual*

*Computación (Q 15 000 \* 0,0278) = Q 417*

*Vehículos (20 % anual) = 1,67 % mensual*

*Vehículos (Q 75 000 \* 0,0167) = Q 1 252,5*

- Calculo de gastos de administración

*Servicios Q 5 000*

*Alquileres Q 4 000*

*Papelería y utiles Q 500*

*Publicidad Q 5 000*

*Renta de préstamo Q 1 252,5*

*Depreciación computadoras Q 417*

*Depreciación vehiculos Q 1 935,20*

*Total: Q 18 104,70*

- Punto de equilibrio

$$P.E = \frac{\text{Costos fijos}}{\text{Precio de venta} - \text{Costo de pantalón} + \text{Costos variables unitarios}}$$

*Costos fijos = costos de administracion + M.O.I*

*Costos fijos = Q 18 104,70 + Q 9 450,95 = Q 27 555,65*

$$\text{Costos variables} = \frac{M.O.D}{\text{Produccion} * 26 \text{ dias}} = \frac{Q 49 019}{1 000 * 26 \text{ dias}} = Q 1,88 \text{ unidad}$$

$$P.E = \frac{(Q 18 104,7 + Q 9 450,95)}{Q 200 - Q 100 + Q 1,88}$$

$$P.E = 270 \text{ pantalones}$$

*Producción real = 1 000 pantalones \* 26 dias = 26 000 pantalones*

- Cargo de diseño

$$\frac{\text{Costo del diseño}}{\text{Producción * tiempo}} = \frac{Q 34 800}{26 000} = 1,33 \text{ por unidad}$$

- Costo por unidad de punto de equilibrio

$$\frac{M.O.D}{\text{Producción}} + \frac{M.O.I}{\text{Producción}} + \frac{\text{Gastos de Adm}}{\text{Producción}} + A \text{ final} + C \text{ del diseño} + MP$$

$$\frac{Q 49 019}{26 000} + \frac{Q 9 450,95}{26 000} + \frac{Q 18 104,7}{26 000} + Q 15,43 + Q 21,48 + Q 100 = Q 139,85$$

- Beneficio por unidad

*Beneficios por unidad = Precio de venta – costo por unidad*

$$\text{beneficios por unidad} = Q 200 - Q 139,85 = Q 60,15$$

- Beneficio total

*Beneficio total = beneficio por unidad \* no. unidades*

$$\text{Beneficio total} = Q 60,15 * 26 000 = Q 1 563 900$$

- Valor del diseño

*Valor del diseño = beneficio total – equipo – costo de diseño*

$$\text{Valor del diseño} = Q\ 1\ 563\ 900 - Q\ 100\ 000 - Q\ 34\ 800$$

$$\text{Valor del diseño} = Q\ 1\ 429\ 100$$

- Impuestos

*Impuestos = valor del diseño por 30 %*

$$\text{Impuestos} = Q\ 1\ 429\ 100 * 0,3$$

$$\text{Impuestos} = Q\ 428\ 730$$

- Utilidades después de impuestos

*Utilidades después de impuestos = Valor del diseño – impuesto*

$$\text{Utilidades después de impuestos} = Q\ 1\ 429\ 100 - Q\ 428\ 730$$

$$\text{Utilidades después de impuestos} = Q\ 1\ 000\ 370$$

Según el análisis de valor del diseño se puede asegurar que con la producción de 1 000 unidades diarias se puede tener una utilidad para la empresa.

Caso práctico: realizar un análisis de valor del diseño con los datos de balance de líneas de la línea de producción de desinfectantes, mano de obra directa e indirecta, costos de fabricación, materia prima.

### 2.5.3.6. Práctica 6. Ingeniería de empaque

El empaque es un recipiente o envoltura que contiene a los productos temporalmente y sirve principalmente para agrupar unidades de un producto pensando en su manipulación, transporte y almacenaje.

La función principal del embalaje es proteger el contenido, facilitar la manipulación, informar sobre sus condiciones de manejo, requisitos legales, ingredientes, etc.

- Existen tres tipos de envase, los cuales son:
  - Envase primario: es el lugar donde se conserva la mercadería; está en contacto directo con el producto.
  - Envase secundario: suelen ser cajas de diversos materiales que agrupan productos envasados para formar una unidad de carga, de almacenamiento o de transporte mayor.
  - Envase terciario: agrupa varios embalajes secundarios; es el que sirve para distribuir, unificar y proteger el producto a lo largo de la cadena comercial.
  
- Materiales para el empaque: en el momento de seleccionar un envase para un producto, es necesario conocer el material que mejor se adapta a las condiciones del mismo.
  - Metales: resistencia mecánica, ligereza, opacidad a la luz y a las radiaciones, conductividad térmica, reciclable.
  - Vidrio: transparencia, posibilidad de reutilización.

- Plásticos: amplia gama de materiales, ligereza y flexibilidad, facilidad de impresión y decoración.
- Papel y cartón: ligereza, versatilidad de formas y dimensiones, facilidad de impresión, reutilización.
- Madera: resistencia mecánica, versatilidad de formas, reciclable.
- Características del empaque: el empaque y el etiquetado constituyen la envoltura o protección que acompaña a un producto, pero al mismo tiempo forma parte de sus características y cumple con varios objetivos.
  - Protección: proteger al producto desde su fabricación hasta su almacenamiento y venta.
  - Comodidad: el envase debe facilitar el traslado, la compra, y el almacenamiento.
  - Promoción: el envase debe contar con un diseño atractivo, de forma y colores permitirá diferenciarse para la rápida identificación entre los otros productos.
  - Comunicación: en el envase y etiqueta debe ir identificado el producto, pudiendo resumir las características y bondades del producto, su mejor manera de empleo y conservación.
- Caso práctico:
  - Realizar un diseño innovador de envase, empaque y etiquetado del desinfectante.
  - Realizar un análisis sobre las estrategias de empaque que se deberían implementar en la planta piloto y compararlas con las actuales que se emplean para el empaque de los productos.



### 2.5.3.7. Práctica 7. Sistemas justo a tiempo

“Justo a tiempo” es un conjunto integrado de actividades, diseñado para lograr un alto volumen de producción, utilizando inventarios mínimos de materia prima, trabajo en proceso y producto terminado.

La filosofía del JIT (*just in time*) reduce o elimina gran parte del desperdicio en las actividades de compra, fabricación, distribución y actividades administrativas. Hace énfasis en poner bajo control los procesos de producción y mantener ese control, a fin de poder ejecutar el primer plan sin necesidad de desarrollar otros nuevos. Con esta filosofía se convierte en un medio para mejorar la producción.

- Beneficios de JIT
  - Aumento del 20 % - 50 % en la productividad de mano de obra directa indirecta.
  - Aumento del 30 % - 40 % en la capacidad de los equipos.
  - Reducción del 80 % - 90 % en el tiempo de fabricación.
  - Reducción del 40 % - 50 % en los costos por fallas.
  - Reducción del 8 % - 15 % en los costos de los materiales comprados.
  - Reducción del 50 % - 90 % en los inventarios.
  - Reducción del 30 % - 40 % en requerimientos de espacio.
  
- Conceptos básicos de la filosofía justo a tiempo:
  - Eliminación de desperdicio
  - Participación de los empleados en la toma de decisiones

- Participación de los proveedores
- Control total de la calidad
- Fases para la implementación de JIT:
  - Creación de la estructura organizacional: consiste en organizar la empresa en cuatro protagonistas claves. El comité directivo, un facilitador, los grupos encargados del proyecto. Es importante establecer un comité directivo encabezado por alto directivo.
  - Puesta en marcha del plan: proyectos pilotos e implementación proyectos por proyectos. Educación, ampliación de los conocimientos acerca del JIT, y aprovechamiento de los resultados obtenidos mediante los proyectos pilotos y otros.
  - Institucionalización.
- Ejemplo práctico: implementación del sistema “justo a tiempo” en una empresa.
  - Paso 1: capacitación del equipo “justo a tiempo”: se recomienda para esta fase crear grupos de dirección orientados a la filosofía JIT, un programa de entrenamiento que abarque a toda la empresa, hacer de conocimiento de los empleados cuáles son los objetivos y metas, qué es lo que se busca tener de resultado con la implementación del JIT; que los empleados sean partícipes en la toma de decisiones.
  - Paso 2: implementación inicial en la línea de producción: se recomienda para esta fase: organizar el área de producción completo implique una línea continua desde la recepción de

materia prima hasta la salida de producto terminado del área de producción, evitando con ello la acumulación de producto terminado que se ocasiona alrededor de las maquinas. Suministrar las cantidades mínimas de materia prima para el lote de producción. La planeación de la elaboración del producto debe ser diseñada para su salida directa desde el área de producción hasta el consumidor. Fabricación de lotes mínimos con mayor frecuencia.

- Paso 3: implementación del programa de control de la calidad total: esta fase dependerá de las filosofías de calidad de cada empresa, lo ideal es que tengan establecidos programas para el mejoramiento constante de la calidad.
- Paso 4: conversión de la línea de producción al JIT: esto es básicamente poner en práctica la fase 1. En esta fase los trabajadores están conscientes de las metas diarias de producción. Por tanto se recomienda: que a medida de los requerimientos del equipo de producción, el almacén debe proporcionar los suministros necesarios, así como ir reduciendo su inventario de contingencia a medida que los empleados estén capacitados para su autoevaluación, para suavizar la inspección final.
- Paso 5: trabajo de los proveedores: en esta fase lo importante es interactuar con los proveedores el sistema JIT que se pretende implementar y que estos se sientan partícipes del JIT, de esta manera se puede llegar a acuerdos contractuales, de tal forma

que no se entorpece el suministro de los materiales por desconocimiento o malos entendidos.

- Paso 6: evaluación del sistema justo a tiempo: esta fase se ejecuta después de un tiempo prudente de la implementación del sistema, el cual es aproximadamente un año. En este punto la empresa podrá evaluar los resultados y compararlos con los resultados anteriores. El éxito dependerá del alcance de las metas planeadas y en todo caso este análisis servirá de medida de corrección de errores y planificación de mejoras continuas, en virtud de que la única constante es el tiempo. En conclusión el sistema “Justo a tiempo” representa una poderosa herramienta para reducir el inventario, mejorar la producción, y las operaciones de servicio. Su implementación de los principios de “justo a tiempo” está orientada a la optimización de la producción.
- Caso práctico: realizar un análisis sobre la implementación del sistema JIT en la planta piloto con base a los 6 pasos descritos en el ejemplo práctico.

#### **2.5.3.8. Práctica 8. Programación agregada**

El objetivo de la programación agregada es establecer los niveles de producción, mano de obra propia o subcontratada y el inventario para un periodo de tiempo determinado, pero en forma agregada.

Cualquier método de planificación debe de cumplir con lo siguiente:

- Minimizar los costos de planificación

- Respetar las restricciones de la capacidad de la planta
- Dejar a la empresa en una buena situación enfocada hacia el futuro

Las estrategias básicas de planificación: se basan en un solo aspecto de los tres que intervienen en la programación agregada: mano de obra, inventario y producción.

- Cambio del nivel de inventario: una de las primeras estrategias consiste en variar el nivel del inventario, para previsión de futuras altas demandas. Esta estrategia garantiza tener producto en bodega, pero puede generar costos de almacenamiento por el exceso que puede existir.
- Producción: la producción puede acomodarse a la demanda realizando contrataciones temporales, ya que de esta manera la empresa puede acomodarse a las necesidades de producción.
- Mano de obra: es posible variar la tasa de producción para poder satisfacer la demanda, para ello existen distintas formas de aumentar la capacidad de la planta sin tener que adquirir nueva maquinaria o equipo, entre ellas están:
  - Horas extras
  - Turno extra
  - Subcontratación
  - Aumentar los pedidos pendientes
- Ejemplo práctico: en la planta piloto de producción, se fabrica jabón de manos. El plan de producción basado en los pronósticos de demanda implica ventas de Q 1 000 000 en ventas trimestrales.

Tabla XXXVII. **Pronósticos de ventas de la planta de producción**

| <b>Trimestre</b>                | <b>1</b>  | <b>2</b>  | <b>3</b>  | <b>4</b>  |
|---------------------------------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| <b>Producción por trimestre</b> | 42 995    | 45 000    | 32 000    | 41 783    |
| <b>Monto en ventas</b>          | Q 600 000 | Q 700 000 | Q 500 000 | Q 650 000 |

Fuente: elaboración propia.

Tabla XXXVIII. **Pronósticos y días producidos para la fabricación de jabón de manos**

| <b>Periodo</b> | <b>Días producidos</b> | <b>Pronóstico de producción</b> |
|----------------|------------------------|---------------------------------|
| Enero          | 20                     | 16 952                          |
| Febrero        | 20                     | 13 583                          |
| Marzo          | 22                     | 12 460                          |
| Abril          | 19                     | 14 706                          |
| Mayo           | 20                     | 10 460                          |
| Junio          | 21                     | 15 829                          |
| Julio          | 23                     | 13 583                          |
| Agosto         | 21                     | 11 337                          |
| Septiembre     | 21                     | 12 829                          |
| Octubre        | 22                     | 18 075                          |
| Noviembre      | 21                     | 11 496                          |
| Diciembre      | 19                     | 10 212                          |

Fuente: elaboración propia.

La capacidad máxima de producción es con 20 empleados en un solo turno, la producción puede ser incrementada trabajando horas extra, con costos adicionales de Q 0,55 por unidad. Los inventarios generaran Q 0,5 por unidad de almacenaje y por faltante Q 1,00 dependiendo del caso que se genere.

Solución:

Jornada diurna de 8 horas de trabajo efectivo.

- Horas de mano de obra

*hrs M.O = Horas efectivas diarias \* Núm. días producidos \* Núm. empleados*

- Enero:

$$Hrs M.O = 8 \frac{\text{horas}}{\text{día}} * 20 \text{ días} * 20 \text{ empleados} = 3\ 200 \text{ horas}$$

- Febrero

$$Hrs M.O = 8 \frac{\text{horas}}{\text{día}} * 20 \text{ días} * 20 \text{ empleados} = 3\ 200 \text{ horas}$$

- Marzo

$$Hrs M.O = 8 \frac{\text{horas}}{\text{día}} * 22 \text{ días} * 20 \text{ empleados} = 3\ 500 \text{ horas}$$

- Abril:

$$Hrs M.O = 8 \frac{\text{horas}}{\text{día}} * 19 \text{ días} * 20 \text{ empleados} = 3\ 040 \text{ horas}$$

- Mayo:

$$Hrs M.O = 8 \frac{horas}{día} * 20 días * 20 empleados = 3 200 horas$$

- Junio:

$$Hrs M.O = 8 \frac{horas}{día} * 21 días * 20 empleados = 3 360 horas$$

- Julio:

$$Hrs M.O = 8 \frac{horas}{día} * 23 días * 20 empleados = 3 680 horas$$

- Agosto:

$$Hrs M.O = 8 \frac{horas}{día} * 21 días * 20 empleados = 3 360 horas$$

- Septiembre:

$$Hrs M.O = 8 \frac{horas}{día} * 21 días * 20 empleados = 3 360 horas$$

- Octubre:

$$Hrs M.O = 8 \frac{horas}{día} * 22 días * 20 empleados = 3 200 horas$$



- Noviembre:

$$Hrs M.O = 8 \frac{horas}{día} * 21 días * 20 empleados = 3 360 horas$$

- Diciembre:

$$Hrs M.O = 8 \frac{horas}{día} * 19 días * 20 empleados = 3 040 horas$$

Tabla XXXIX. **Planificación para la producción mensual y trimestral de la planta de producción**

| Mes | Pronóstico producción (mes) | Pronóstico producción (trimestre) | Horas M.O (mes) | Horas M.O (trimestre) | Horas de trabajo/ unidad (mes) | Horas de trabajo/ unidad (trimestre) |
|-----|-----------------------------|-----------------------------------|-----------------|-----------------------|--------------------------------|--------------------------------------|
| Ene | 16 952                      |                                   | 3 200           |                       | 0,19                           |                                      |
| Feb | 13 583                      |                                   | 3 200           |                       | 0,24                           |                                      |
| Mar | 12 460                      | 42 995                            | 3 500           | 9 900                 | 0,28                           | 0,23                                 |
| Abr | 14 706                      |                                   | 3 040           |                       | 0,21                           |                                      |
| May | 10 460                      |                                   | 3 200           |                       | 0,31                           |                                      |
| Jun | 15 829                      | 40 995                            | 3 360           | 9 600                 | 0,21                           | 0,23                                 |
| Jul | 13 583                      |                                   | 3 680           |                       | 0,27                           |                                      |
| Ago | 11 337                      |                                   | 3 360           |                       | 0,30                           |                                      |
| Sep | 12 829                      | 37 749                            | 3 360           | 10 400                | 0,26                           | 0,28                                 |
| Oct | 18 075                      |                                   | 3 200           |                       | 0,18                           |                                      |
| Nov | 11 496                      |                                   | 3 360           |                       | 0,29                           |                                      |
| Dic | 10 212                      | 39 783                            | 3 040           | 9 600                 | 0,30                           | 0,24                                 |

Fuente: elaboración propia.

Primer trimestre:

Inventario inicial 2do. trimestre = proventas – proproducción

$$\text{Inventario inicial 2do. trimestre} = 42\,995 - 42\,995 = 0$$

Para el primer trimestre se cumple con la demanda y se inicia el segundo con cero unidades.

Segundo trimestre:

Pronóstico de ventas = 45 000

Pronóstico de producción = 40 995

$$\text{Diferencia} = 45\,000 - 40\,995 = 4\,005$$

$$\frac{4\,005}{0,23} = 17\,413,04 * \frac{Q\,0,55}{\text{unidad}} = Q\,9\,577,17$$

Se deberá pagar Q 9 577,19 de horas extras para producir 17 413 unidades, de las cuales se requiere 4 005 para cumplir con la demanda del segundo trimestre; se tendrá un inventario inicial de 13 408 unidades para el tercer trimestre.

$$\text{Costo de almacenaje} = 13\,408 * Q\,0,50 = Q\,6\,704$$

$$\text{Costo por faltante} = 13\,408 * Q\,1,00 = Q\,13\,408$$

Tercer trimestre:

$$\text{Inventario inicial} = 13\,408 + 37\,749 - 32\,000 = 19\,157 \text{ unidades}$$

$$\text{Costo de almacenaje} = 19\,157 * Q\,0,50 = Q\,9\,578,50$$

Cuarto trimestre:

$$\text{Inventario inicial} = 19\,157 + 39\,783 - 41\,783 = 17\,157 \text{ unidades}$$

17 157 unidades como inventario inicial para el próximo año

$$\text{Costo de almacenaje} = 17\,157 * Q\,0,50 = Q\,8\,578,50$$

$$\text{Costo por faltante} = 17\,157 * Q\,1,00 = Q\,17\,157$$

Conclusión: se determinó que en dos trimestres no se llegó a cumplir con la demanda requerida, debido a que no se planificó eficientemente; esto conlleva a recurrir a costos adicionales de horas extras de trabajo, de almacenamiento y por faltante.

- Caso práctico
  - Realizar un programa de planificación agregada para la planta piloto para un horizonte temporal de 12 meses.
  - Plantear las decisiones que tomaría para aplicar este método de planificación al actual proceso de producción que se maneja en la planta piloto.

## **2.5.4. Prácticas de controles industriales**

El contenido del curso se organiza en dos temas principales los cuales son: la gestión de la calidad total y control estadístico de la calidad.

### **2.5.4.1. Práctica 1. Gestión de la calidad**

Calidad es un conjunto de características de un producto o de un servicio que influyen en su capacidad de satisfacer necesidades implícitas o específicas. Es decir, la calidad se define como el grado en el que un conjunto de características esenciales cumple con los requisitos.

Los componentes de una estrategia de calidad son la innovación, control y mejora, lo cual ha generado un cambio continuo en los conceptos y métodos de la calidad. Cada etapa se ha construido sobre la siguiente, es decir una nueva etapa es la mezcla de los mejores métodos, práctica e ideas de las etapas anteriores más las mejores ideas y prácticas que han generado los profesionales de la calidad y la administración.

- Las etapas en la evolución del movimiento por la calidad son:
  - Inspección: su función principal es la detección de errores, la calidad se ve como un problema a resolver y hace énfasis en la uniformidad del producto a través de estándares y mediciones. El papel de los profesionales de la calidad es el de inspeccionar, contar y clasificar los productos. Esta etapa está enfocada a la inspección de la calidad en el producto terminado.

- Control estadístico: tiene como principal labor el control de la producción, al igual que en la etapa de inspección, la etapa de control estadístico ve a la calidad como un problema por resolver, sin embargo hace énfasis en la uniformidad del producto con la reducción de la inspección, utilizando herramientas y metodologías estadísticas. Los profesionales de la calidad encuentran problemas y los solucionan mediante la aplicación de métodos estadísticos enfocándose en controlar la calidad.
- Aseguramiento de la calidad: se encarga de la coordinación de la producción teniendo a la calidad como un problema que se puede resolver de manera preventiva, enfatizando todas las etapas del proceso desde el diseño hasta las ventas y buscando la contribución de todos los grupos funcionales para prevenir fallas mediante la implementación de programas y sistemas.
- Administración de la calidad total: se enfoca en la dirección de la calidad para generar un impacto estratégico. La calidad se ve como una ventaja competitiva que tiene como prioridad las necesidades del cliente y el mercado, las cuales podrán ser satisfechas por medio de la planeación estratégica, diseño de programas, establecimiento de metas y movilización de la organización para lograr mejora continua.
- Reestructurar las organizaciones y mejora sistémica de procesos: tiene como fin competir eficazmente por los clientes, con calidad, precio y servicio en la era de la información en un mercado globalizado, teniendo la calidad como una ventaja competitiva y como condición para permanecer en el negocio, reduciendo

defectos, así como el tiempo de los ciclos de producción. La metodología a aplicar en esta etapa es la planeación y gestión estratégica, la mejora continua del sistema como parte de las responsabilidades del área directiva detectando las oportunidades de mejora, facilitando el diseño de programas de acción orientándose directa y totalmente al cliente.

- Costos de calidad: Son los costos totales adicionales al sistema de gestión de la calidad y pueden utilizarse como medida de desempeño de sistema de calidad. Estos se dividen en costos asignados en la empresa para asegurar que los productos tengan calidad, y costos por no tener calidad que resultan de las deficiencias en productos y procesos. A estos últimos se les conoce como costos de no calidad o mala calidad. La mala calidad significa que una utilización deficiente de los recursos financieros y humanos, con lo que entre más deficiencias y fallas se tengan, los costos por lograr la calidad y por no tenerla, serán más elevados. Los costos de calidad se clasifican en costos de: prevención, evaluación, por fallas internas y por fallas externas.<sup>34</sup>
  
- Herramientas para el control de la calidad
  - Diagramas de causa–efecto: este diagrama también es conocido como diagrama de Ishikawa, en honor al japonés Kauro Ishikawa. El diagrama se utiliza cuando queda bien definido, delimitado y localizado dónde se presenta un problema importante, para poder investigar sus causas.
  - Hojas de verificación: son formatos creados para recolectar datos, de tal forma que su registro sea sencillo y sistemático. Una de las características que debe de tener la hoja de verificación es que visualmente ofrezca un primer análisis que permita apreciar la

---

<sup>34</sup> GUTIÉRREZ PULIDO, Humberto, *Calidad total y productividad*. p. 23.

magnitud y localización de los problemas principales. Algunas de las situaciones donde resulta útil obtener datos a través de las hojas de verificación son: describir los resultados de operación o de inspección, clasificar fallas, quejas o defectos, con el propósito de identificar sus magnitudes, razones, tipos de fallas, áreas de donde proceden, confirmar posibles causas de problemas de calidad, analizar o verificar operaciones y evaluar el efecto de los proyectos de mejora.

- Gráficos de control: los gráficos o cartas de control son diagramas donde se van registrando valores sucesivos de las características de calidad que se están analizando. Estos valores se registran durante un proceso de elaboración o prestación de un producto o servicio. Cada gráfico de control se compone de una línea central que representa el promedio de los datos y dos límites de control superior e inferior.
- Diagramas de flujo: es una representación gráfica de la secuencia de los pasos o actividades de un proceso, incluidos transporte, esperas, almacenamiento y actividades de reproceso. A través de este diagrama se ve en qué consiste el proceso y cómo se relacionan las diferentes actividades; es de especial utilidad para analizar y mejorar el proceso.
- Histograma: también conocido como diagrama de barras; es un gráfico que muestra la frecuencia de cada uno de los resultados cuando se efectúan mediciones sucesivas. Este gráfico permite observar alrededor de qué valor se agrupan las mediciones y cuál es la dispersión alrededor de este valor.

- Gráficos de Pareto y estratificación: estratificar es analizar problemas, fallas, quejas o datos, clasificándolos o agrupándolos de acuerdo con los factores que, se cree, pueden influir en la magnitud de los mismos, a fin de localizar buenas pistas para mejorar un proceso. El diagrama de Pareto es una variación del histograma, puesto que en el Pareto se ordenan los datos por su frecuencia de mayor a menor. El principio de Pareto, también conocido como “Ley 80-20” enunció en su momento que el 20 % de la población, poseía el 80 % de la riqueza. Evidentemente son datos arbitrarios y presentan variaciones al aplicar la teoría en la práctica; esto se aplica en muchos ámbitos, entre ellos en el control de la calidad, ámbito en el que suele ocurrir que el 20 % de los tipos de defectos, representan el 80 % de las inconformidades.
- Diagramas de dispersión: también conocidos como gráficos de correlación; estos diagramas permiten básicamente estudiar la relación entre 2 variables (pareja de datos). Con las dos variables X y Y, se dice que existe una correlación entre ambas, si estas son directa o inversamente proporcionales. En un gráfico de dispersión se representa cada par (X, Y) como un punto donde se cortan las coordenadas de X y Y.
- Ejemplo práctico: en la planta piloto se fabrican galones de jabón de manos, por lo que se requiere determinar la causa de los defectos encontrados en los galones analizados en un lote de producción.



Se encontraron los siguientes resultados:

Tabla XL. **Cantidad de defectos encontrados en el lote de producción de jabón de manos**

| <b>Tipo</b> | <b>Defecto</b>           | <b>Cantidad</b> |
|-------------|--------------------------|-----------------|
| A           | Deformado                | 35              |
| B           | Golpes laterales         | 50              |
| C           | Raspado                  | 33              |
| D           | Color opaco del producto | 13              |
| E           | comprimido               | 22              |
| F           | Otros                    | 6               |

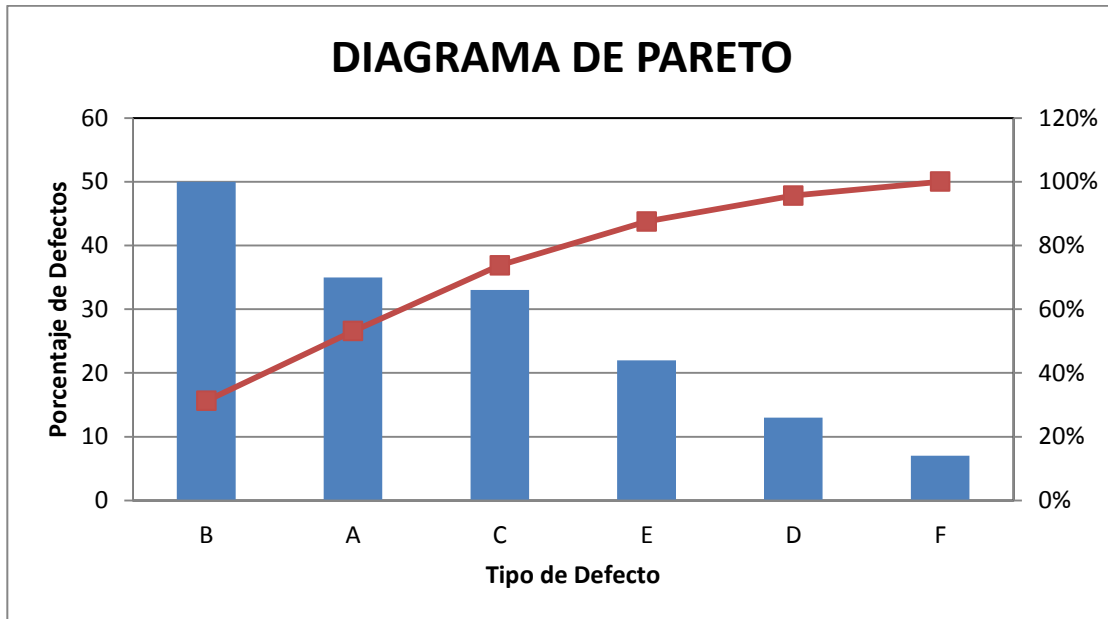
Fuente: elaboración propia.

Tabla XLI. **Proporción de defectos y frecuencias acumuladas de galones inspeccionados**

| <b>Tipo de defecto</b> | <b>Frecuencia</b> | <b>Frecuencia acumulada</b> | <b>Porcentaje</b> |
|------------------------|-------------------|-----------------------------|-------------------|
| B                      | 50                | 31 %                        | 31 %              |
| A                      | 35                | 53 %                        | 22 %              |
| C                      | 33                | 74 %                        | 21 %              |
| E                      | 22                | 88 %                        | 14 %              |
| D                      | 13                | 96 %                        | 8 %               |
| F                      | 7                 | 100 %                       | 4 %               |
| <b>Total</b>           | <b>160</b>        |                             |                   |

Fuente: elaboración propia.

Figura 58. Diagrama de Pareto, producción de latas



Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Excel 2010.

Conclusión: las causas que están ocasionando el 80 % de los defectos en este proceso son: B, A y C; por lo que en estos tres defectos se deben de mejorar.

- Caso práctico: realizar un análisis de un lote de producción, determinando la cantidad de defectos encontrados en la fabricación de desinfectante en galón; realizar un diagrama de Pareto.

#### 2.5.4.2. Práctica 2. Mejoramiento de la calidad

La mejora continua se emplea para mejorar el desempeño de una organización, se debe buscar permanentemente mejorar la forma en la que se hacen las diferentes tareas y actividades.

“La mejora continua es consecuencia de una forma ordenada de administrar y mejorar los procesos, identificando causas o restricciones, estableciendo nuevas ideas y proyectos de mejora, llevando a cabo planes, estudiando y aprendiendo de los resultados obtenidos y estandarizados los efectos positivos para proyectar y controlar el nuevo nivel de desempeño”.<sup>35</sup>

Para establecer la mejora continua en la organización es necesario cumplir con lo siguiente:

- Apoyo en la gestión
- Retroalimentación y revisión en cada paso del proceso
- Responsabilidad de la alta dirección
- *Empowerment* (dar empoderamiento al trabajador)
- Realizar mediciones tangibles de los resultados

Las premisas de la mejora continua son:

- Mantenerlo simple
- Si se ingresan datos erróneos, se obtendrán resultados erróneos
- Se confía en ello pero se va a verificar
- Si no se puede medir, no se puede gestionar

#### **2.5.4.2.1. Ciclo PHVA**

El ciclo PHVA (planear, hacer, verificar y actuar) es de gran utilidad para estructurar y ejecutar proyectos de mejora de la calidad y la productividad en cualquier nivel jerárquico en una organización.

---

<sup>35</sup> GUTIÉRREZ PULIDO, Humberto. *Calidad total y productividad*. p. 67.

En este ciclo, también conocido como el ciclo de Deming o el de la calidad, se desarrolla de manera objetiva y profunda un plan (planear); éste se aplica en pequeña escala o sobre una base de ensayo (hacer), se evalúa si se obtuvieron los resultados esperados (verificar), y de acuerdo con lo anterior se actúa en consecuencia (actuar), ya sea generalizando el plan, si los resultados no fueran satisfactorios, o se vuelve a iniciar el ciclo.

#### **2.5.4.2.2. La familia de normas ISO-9000**

La constituyen tres normas que se elaboraron para asistir a las organizaciones, de todo tipo y tamaño, en la implementación y la operación de sistemas de gestión de la calidad eficaces.

- Norma ISO-9000: describe los fundamentos de los sistemas de gestión de la calidad y especifica la terminología aplicable.
- Norma ISO-9001: especifica los requisitos para los sistemas de gestión de la calidad aplicables a toda organización que necesite demostrar su capacidad para proporcionar productos que cumplan con los requisitos de sus clientes, así como los que son de aplicación reglamentaria.
- Norma ISO-9004: proporciona directrices que consideran la eficacia como la eficiencia del sistema de gestión de la calidad. El objetivo principal es la mejora del desempeño de la organización y satisfacción de los clientes y de las demás partes interesadas.

Caso práctico: realizar el ciclo PHVA (planear, hacer, verificar y actuar) en el proceso de producción de desinfectantes para poder reducir las pérdidas de materia prima en el proceso.

### **2.5.4.3. Práctica 3. Métodos estadísticos para el control de procesos**

El control estadístico de la calidad es el conjunto de acciones orientadas a cumplir con las metas de calidad previamente establecidas, utilizando para ello las técnicas estadísticas aplicables al menor costo posible.

Los gráficos de control representan valores de algún tipo de medición realizada durante el funcionamiento de un proceso y que sirve para controlar el mismo.

#### **2.5.4.3.1. Métodos estadísticos**

Este control moderno de la calidad implica el uso de métodos estadísticos, siendo denominado control estadístico de la calidad cuya aplicación es ampliamente utilizada en diferentes áreas tales como: análisis de procesos, control de procesos, investigación, desarrollo, entre otros.

Un control estadístico de procesos (CEP) consiste en un sistema para controlar estándares, realizar mediciones y tomar medidas correctivas que sean apropiadas mientras se elaboró un producto o se presta un servicio.

Las herramientas que emplean el CEP son las siguientes:

- Índices de capacidad
- Capacidades del proceso
- Gráficos de control

Pasos para realizar un control estadístico de proceso:

- Preparación: seleccionar la variable o atributo que será medido; determinar la base y tamaño de la muestra.
- Recopilación de datos: registrar datos; calcular los valores estadísticos, relevantes, promedios, rangos, proporciones, desviación estándar; graficar las variables estadísticas.
- Establecimientos de los límites de control de prueba: trazar la línea central y calcular los límites de control superior e inferior.
- Análisis e interpretación: investigar la gráfica para detectar la pauta de control y eliminar los puntos que están fuera de control y volver a calcular los límites de control.
- Uso de herramienta para solucionar problemas: continuar con la recopilación de datos y su trazo en la gráfica; identificar las situaciones fuera de control y emprender actitudes correctivas.
- Determinación de la capacidad del proceso con los datos de la gráfica de control.
- Intervalo de confianza e índices de capacidad del proceso: el intervalo de confianza es un conjunto de valores que son considerados como admisibles o aceptables. Este suele ser definido por el cliente o en ocasiones por el diseñador del producto.

Intervalo de confianza = LEI, LES

LEI = límite de especificación inferior

LES = límite de especificación superior

Cuando la media de la producción se encuentra centrada en medio del intervalo de confianza, el índice de capacidad del proceso muestra la adecuación de la fabricación de productos.

Índice de la capacidad del proceso:

$$CP = \frac{LES - LEI}{6 * \sigma}$$

Donde:

CP = capacidad del proceso

$\sigma$  = desviación estándar del proceso

Tabla XLII. **Clasificación del tipo de proceso según el índice de capacidad de producción**

| Valor del índice CP   | Clase o categoría del proceso | Decisión (si el proceso está centrado)  |
|---|-------------------------------|---|
| $C_p \geq 2$  | Clase mundial                 | Se tiene calidad Seis Sigma   |
| $C_p \geq 1.33$   | 1                             | Adecuado  |
| $1 < C_p \leq 1.33$   | 2                             | Parcialmente adecuado, requiere de un control estricto.   |
| $0.67 < C_p \leq 1$   | 3                             | No adecuado para el trabajo. Un análisis del proceso necesario. Requiere modificaciones serias para alcanzar una calidad satisfactoria. |
| $C_p \leq 0.67$   | 4                             | No adecuado para el trabajo. Requiere modificaciones muy serias   |
| Nota: si el $C_{pk} < C_p$ entonces una vez que se centre el proceso se tendrá la clase de proceso que se indica. |                               |   |

Fuente: GUTIÉRREZ PULIDO, Humberto. *Calidad total y productividad*. p. 167.

- Ejemplo práctico: la presión de salida del compresor utilizado en la línea de producción, sigue una distribución normal con una media de 150 psi y

$\sigma = 0,05$  psi. Si la especificación superior e inferior de la presión son 149,88 psi y 150,12 psi, respectivamente, cuál es la probabilidad de que un compresor seleccionado al azar del mismo fabricante cumpla con las especificaciones del voltaje y además se requiere calcular el índice de la capacidad del proceso.

$$\mu = 150 \text{ psi}$$

$$\sigma = 0,05 \text{ psi}$$

$$LEI = 149,88 \text{ psi}$$

$$LES = 150,12 \text{ psi}$$

Calcular la probabilidad, utilizando la tabla normal Z.

$$P(140 \leq X \leq 160) = \frac{LES - \mu}{\sigma} - \frac{LEI - \mu}{\sigma}$$

$$P(140 \leq X \leq 160) = \frac{150,12 - 150}{0,05} - \frac{149,88 - 150}{0,05}$$

- Valores de Z, utilizando la tabla

$$z_1 = 2,4, z_2 = -2,4$$

$$P(149,88 \leq X \leq 150,12) = 0,99286 - 0,00714 = 0,9857$$

La probabilidad de que un compresor cumpla con las especificaciones del fabricante es de 98,57 %.



Capacidad del proceso:

$$CP = \frac{150,12 - 149,88}{6 * (0,05)} = 0,8$$

Índice de la capacidad del proceso es de 80 %.

- Caso práctico: calcular el índice de capacidad, y la probabilidad de que un galón de desinfectante cumpla con las especificaciones de fabricación con base en el nivel de llenado de los envases. Utilizar  $\sigma = 0,05$ , determinar los límites inferiores y superiores por medio de las muestras obtenidas.

#### **2.5.4.4. Práctica 4. Control estadístico del proceso, gráficos por variables**

“Las cartas de control para variables se aplican a características de calidad de tipo continuo, que intuitivamente son aquellas que requieren un instrumento de medición (pesos, volúmenes, voltajes, longitudes, resistencias, temperaturas, humedad, entre otros)”.<sup>36</sup>

Las cartas de control para variables tipo Sherwhart más usuales son:

- $\bar{X}$  (de medias)
- R (rangos)
- S (de desviaciones estándar)
- X (de medias individuales)

---

<sup>36</sup> GUTIÉRREZ PULIDO, Humberto. *Calidad Total y productividad*. p. 221.

- Gráfico de control  $\bar{X} - R$

Los tipos de producción masivos fabrican grandes cantidades de artículos en donde se realizan miles de operaciones por día.

En la salida del proceso fluyen las piezas resultantes cada determinado tiempo o cantidad de piezas se toma un número pequeño de estas (subgrupo) a las que se les medirá una o más características de calidad. Con las mediciones de cada subgrupo se calculará la media y el rango, de modo que cada periodo de tiempo se tendrá una media y un rango muestra que aportaran información sobre la tendencia central y la variabilidad del proceso, respectivamente.

Con la carta  $\bar{X}$  se analiza la variación entre las medidas de los subgrupos, para así detectar cambios en la medida del proceso.

Con la carta R, en cambio, se analiza la variación entre los rangos de los subgrupos, lo que permite detectar cambios en la amplitud o magnitud de la variación del proceso.

Ecuaciones para obtener los límites de control superior e inferior del grafico de control  $\bar{X}$ .

$$LCS = \bar{X} + A_2\bar{R}$$

$$LCI = \bar{X} - A_2\bar{R}$$

Donde:

$\bar{X}$  = media de las medias muestrales

$\bar{R}$  = media de las aptitudes muestrales

$A_2$  = factor para gráficos de control (depende del tamaño de la muestra)

Ecuaciones para obtener los límites de control superior e inferior del gráfico de control R.

$$LCS = D_4 \bar{R}$$

$$LCI = D_3 \bar{R}$$

Donde:

$\bar{R}$  = media de las aptitudes muestrales

$D_3$  y  $D_4$  = depende del tamaño de la muestra

Ejemplo práctico: en una fábrica de tapas para galones se desea establecer el control estadístico para la media del diámetro de las tapas fabricadas con este proceso, utilizando las cartas de control  $\bar{X} - R$ ; se tomaron 16 muestras al azar cada una de ellas de tamaño 4.

Tabla XLIII. **Diámetros medidos en una muestra al azar de 16 unidades**

| Muestra | Diámetro en cm |       |       |       |
|---------|----------------|-------|-------|-------|
| 1       | 5,591          | 5,609 | 5,601 | 5,591 |
| 2       | 5,597          | 5,607 | 5,609 | 5,596 |
| 3       | 5,601          | 5,606 | 5,607 | 5,598 |
| 4       | 5,593          | 5,601 | 5,599 | 5,597 |

Fuente: elaboración propia.

Solución:

$$\bar{X}_1 = \frac{5,591 + 5,609 + 5,601 + 5,591}{4} = 5,598$$

$$\bar{X}_2 = 5,602$$

$$\bar{X}_3 = 5,603$$

$$\bar{X}_4 = 5,597$$

$$\bar{R} = \text{Valor más alto} - \text{Valor más bajo}$$

$$\bar{R}_1 = 5,609 - 5,591 = 0,018$$

$$\bar{R}_2 = 5,609 - 5,596 = 0,013$$

$$\bar{R}_3 = 5,607 - 5,598 = 0,009$$

$$\bar{R}_4 = 5,601 - 5,593 = 0,008$$

Tabla XLIV. **Diámetros y rangos medidos de la muestra tomada al azar de 16 unidades**

| Muestra     | X           | R            |
|-------------|-------------|--------------|
| 1           | 5,598       | 0,018        |
| 2           | 5,602       | 0,013        |
| 3           | 5,603       | 0,009        |
| 4           | 5,597       | 0,008        |
| <b>Suma</b> | <b>22,4</b> | <b>0,048</b> |

Fuente: elaboración propia.

$$\text{Media muestral: } \bar{X} = \frac{22,4}{4} = 5,6$$

$$\text{Rango muestral: } \bar{R} = \frac{0,048}{4} = 0,012$$

Por medio de las tablas de factores para la construcción de las cartas de control se obtienen los valores de  $A_2$ ,  $D_3$ , y  $D_4$ . El tamaño de la muestra es de 4.

Tabla XLV. Factores de la tabla X-R

|               |
|---------------|
| $n = 4$       |
| $A_2 = 0,729$ |
| $D_3 = 0$     |
| $D_4 = 2,282$ |

Fuente: elaboración propia.

- Límites de control gráfico X:

$$LCS = \bar{X} + A_2\bar{R} = 5,6 + (0,729) * (0,012) = 5,608$$

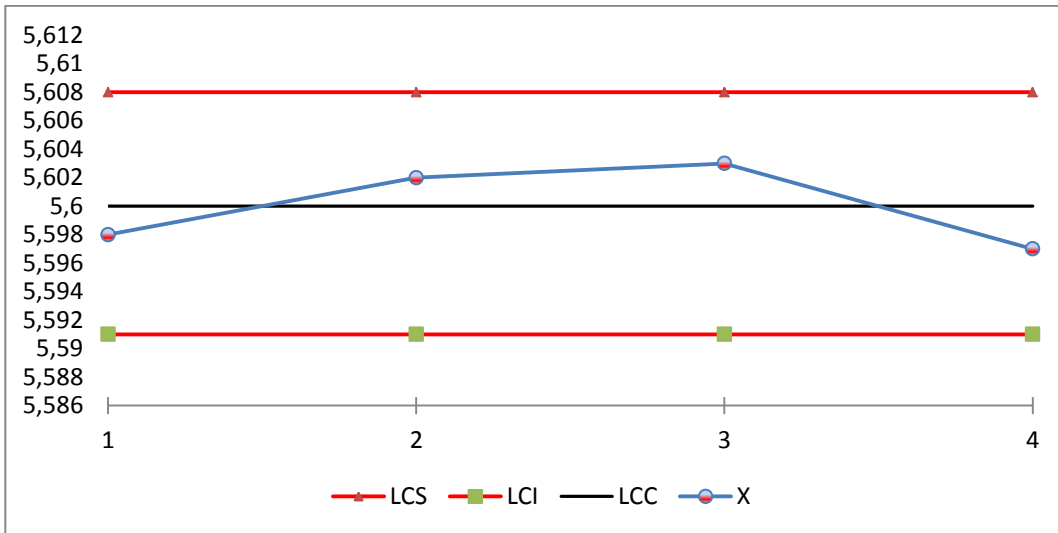
$$LCI = \bar{X} - A_2\bar{R} = 5,6 - (0,729) * (0,012) = 5,591$$

- Límites de control gráfico R:

$$LCS = D_4\bar{R} = (2,282)(0,012) = 0,027$$

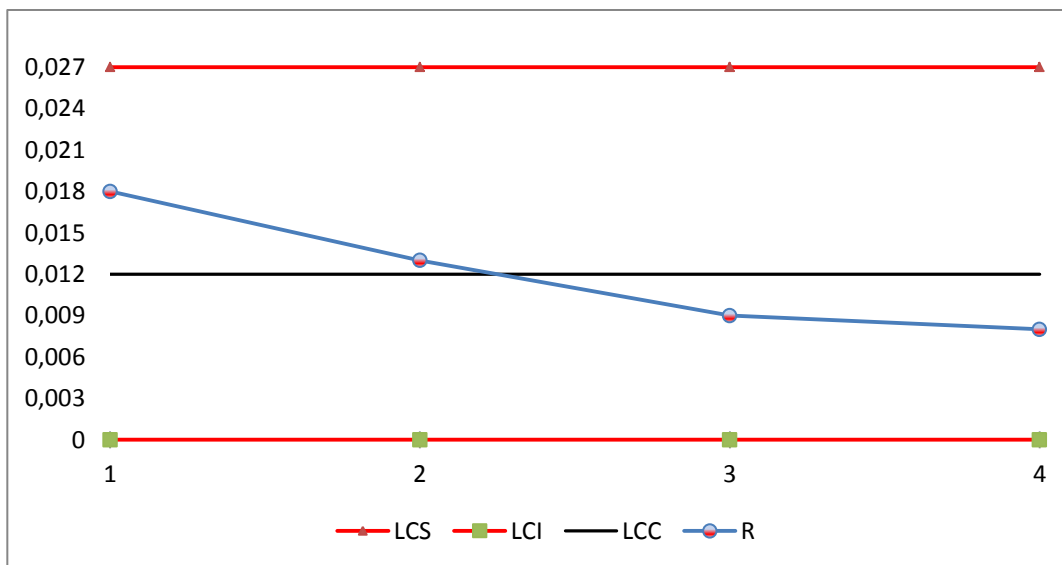
$$LCI = D_3\bar{R} = (0)(0,012) = 0$$

Figura 59. Gráfico X



Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Excel 2010.

Figura 60. Gráfico R



Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Excel 2010.

En los dos gráficos los datos se encuentran dentro de los límites; esto quiere decir que el proceso se encuentra bajo control.

Caso práctico: elaborar un gráfico X-R, de desinfectantes en galón, tomando 25 muestras; cada muestra de tamaño 5. Se deberá medir el peso de cada una en la balanza digital para obtener los datos.

#### **2.5.4.5. Práctica 5. Control estadístico del proceso, gráfico por atributos**

Los gráficos de control por atributos constituyen una herramienta utilizada para controlar características de calidad cualitativas, estas son, no cuantificables numéricamente. Ejemplos de tales características no medibles son la fracción o porcentaje de unidades defectuosas en la producción (P), el número de unidades defectuosas en la producción (NP), el número de defectos por unidad producida (U), y el número de defectos de todas las unidades producidas (C).

Al igual que en los gráficos de control por variables, el de atributos representa un estadístico del proceso, como puede ser el número de defectos, frente al número de la muestra o al tiempo. Una línea central representa el valor medio o esperado del estadístico, mientras que los límites de control suelen definir una zona de control que abarca por encima y por debajo de la línea central. El criterio es que si un punto que se encuentra fuera de los límites de control se interpreta que el proceso está fuera de control. Además, incluso si todos los puntos se hallan comprendidos entre los límites de control, pero se comportan de manera sistemática o no aleatoria, también se tendría un proceso fuera de control.

- Gráfico P

Esta carta analiza las variaciones en la fracción o proporción de artículos defectuosos por muestra o subgrupo. Se utiliza mucho para reportar la proporción o porcentaje de productos defectuosos en un proceso. En la carta p se toma una muestra o subgrupo de  $n_i$  artículos, que puede ser la totalidad o una parte de las piezas de un pedido, un lote, un embarque o cierta producción. Se revisa cada uno de estos  $n_i$  artículos y si de ellos se encuentra  $d_i$  defectuosos, entonces en la carta p se grafica la proporción  $p_i$  de artículos defectuosos.<sup>37</sup>

$$p = \frac{np}{n}$$

Donde:

$p$  = proporción de no conformidad de la muestra o del subgrupo

$n$  = cantidad de elementos de la muestra o subgrupo

$np$  = cantidad de elementos no conformes de la muestra o subgrupo

Cálculo de los límites:

$$\bar{P} = \frac{\sum np}{\sum n}$$

$$LCS = \bar{P} + 3 \sqrt{\frac{\bar{P}(1 - \bar{P})}{n}};$$

$n$  = tamaño del lote inspeccionado

$$LCI = \bar{P} - 3 \sqrt{\frac{\bar{P}(1 - \bar{P})}{n}};$$

---

<sup>37</sup> GUTIÉRREZ PULIDO, Humberto. *Calidad total y productividad*. p. 239.



$\bar{P}$  = proporción promedio de no conformidad

Cuando se presente el caso de que se encuentren puntos fuera de los límites de control se deberá aplicar la siguiente fórmula:

$$P_{nuevo} = \frac{\sum np - n_{pd}}{\sum n - n_d}$$

Donde:

npd = cantidad de no conformidad en los subgrupos descartados

nd = cantidad de inspecciones en los grupos descartados

Gráfico np: “cuando el tamaño de la muestra en las cartas p es constante, es más conveniente usar la carta np en la que se grafica el número de artículos defectuosos por subgrupo ( $d_i$ ), en lugar de la proporción. Los límites de control para la carta no se obtienen estimando la media y la desviación estándar de ( $d_i$ )”.<sup>38</sup>

Cálculo de los límites:

$$\text{Línea central} = n\bar{P}$$

$$LCS = n\bar{P} + 3\sqrt{n\bar{P}(1 - \bar{P})}$$

$$LCS = n\bar{P} - 3\sqrt{n\bar{P}(1 - \bar{P})}$$

---

<sup>38</sup> GUTIÉRREZ PULIDO, Humberto. *Calidad total y productividad*. p. 244.

$$\bar{p} = \frac{\sum \text{unidades no conformes}}{n * m}$$

Donde:

$\bar{p}$  = número de no conformidades

n = número de lotes

m = número de muestras

Ejemplo práctico: se inspecciona la intensidad del colorante rojo en los galones de desinfectante, los datos que se obtuvieron son los siguientes:

Tabla XLVI. **Cantidad de no conformidades encontradas en 8 lotes de 100 galones inspeccionados**

| Lote | Tamaño de lote, n | Cantidad de no conformidad (np) | Proporción de no conformidad (p) |
|------|-------------------|---------------------------------|----------------------------------|
| 1    | 100               | 8                               | 0,08                             |
| 2    | 98                | 4                               | 0,04                             |
| 3    | 94                | 5                               | 0,05                             |
| 4    | 100               | 9                               | 0,09                             |
| 5    | 102               | 11                              | 0,11                             |
| 6    | 99                | 3                               | 0,03                             |
| 7    | 104               | 8                               | 0,08                             |
| 8    | 103               | 7                               | 0,07                             |

Fuente: elaboración propia.

$$\bar{p} = \frac{\sum np}{\sum n} = \frac{55}{1000} = 0,055$$

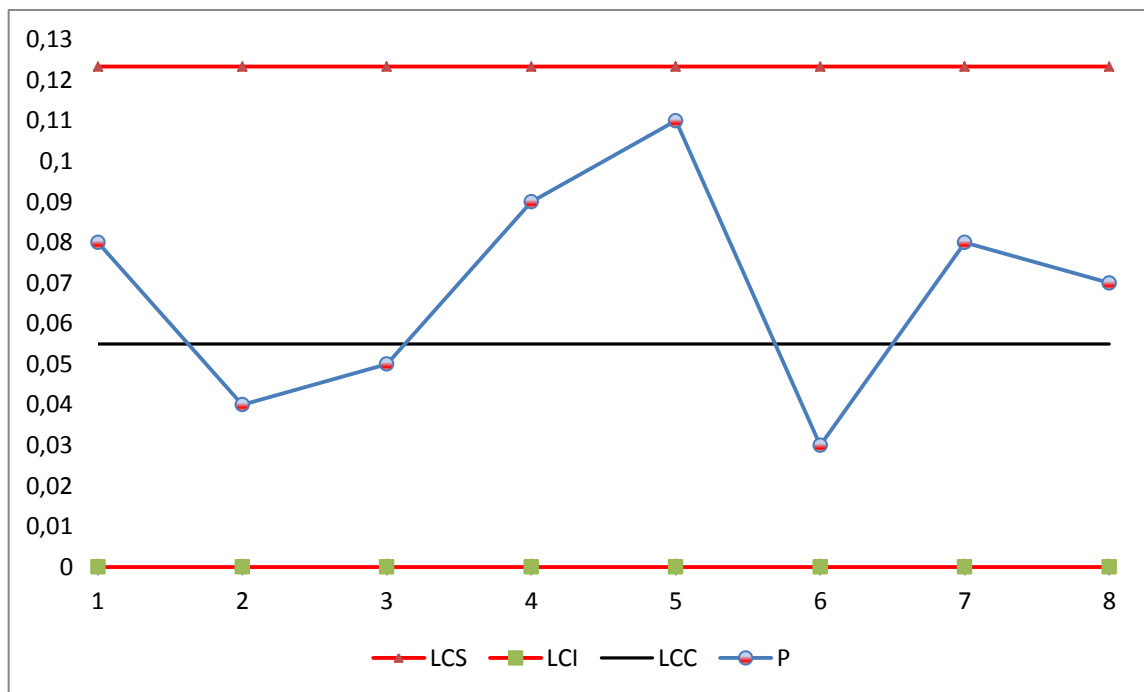
Cálculo de límites:

$$LCS = \bar{P} + 3 \sqrt{\frac{\bar{P}(1 - \bar{P})}{n}} = 0,055 + 3 \sqrt{\frac{(0,055)(1 - 0,055)}{100}} = 0,1233$$

$$LCI = \bar{P} - 3 \sqrt{\frac{\bar{P}(1 - \bar{P})}{n}} = 0,055 - 3 \sqrt{\frac{(0,055)(1 - 0,055)}{100}} = -0,0133$$

El límite inferior da como resultado un valor negativo, por lo que se procede a tomar el límite inferior con valor de cero.

Figura 61. **Gráfico P, proporción de no conformidad encontrada en 8 lotes de 100 galones de desinfectante**



Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Excel 2010.

El proceso se encuentra bajo control; esto se determinó al reflejarse los resultados en la gráfica que los puntos se encuentran dentro de los límites.

Caso práctico: se inspecciona el nivel de llenado de los galones de desinfectante; los datos que se obtuvieron son los siguientes:

Tabla XLVII. **Cantidad de no conformidades encontradas en 8 lotes de 100 galones inspeccionados**

| <b>Lote</b> | <b>Cantidad inspeccionada</b> | <b>Artículos defectuosos en la muestra</b> |
|-------------|-------------------------------|--|
| 1           | 50                            | 2  |
| 2           | 50                            | 3  |
| 3           | 50                            | 1  |
| 4           | 50                            | 2  |
| 5           | 50                            | 2  |
| 6           | 50                            | 1  |
| 7           | 50                            | 1  |
| 8           | 50                            | 1  |

Fuente: elaboración propia.

Realizar un análisis de los datos de la tabla, comparándolos con datos reales proporcionados por el encargado de producción de la planta. Elaborar un gráfico de control según su criterio (P, nP).

#### **2.5.4.6. Práctica 6. Muestreo de aceptación**

El muestreo de aceptación es un procedimiento de inspección que se utiliza para determinar si se acepta o rechaza una cantidad específica de materia prima; esto conlleva a que las empresas con sus controles de calidad colaboren con los proveedores para asegurar altos nivel de calidad de sus suministros.

Es importante aclarar que el muestreo de aceptación es una forma de inspección, que simplemente acepta y rechaza lotes, pero no mejora la calidad. Es decir, que no es una estrategia de mejora de la calidad, más bien proporciona un cierto nivel de seguridad de que los niveles de calidad con los que se diseña el plan de muestreo se están alcanzando.

- Inspección por muestras: esta opción es útil cuando se tiene una o varias de las siguientes situaciones:
  - Cuando la inspección se hace con pruebas destructivas (como pruebas de tensión y resistencia), es indispensable la inspección por muestras, de lo contrario todos los productos serían destruidos con las pruebas.
  - Cuando el costo de la inspección al 100 % es demasiado alto en comparación con el costo de pasar unidades defectuosas.
  - En los casos en los que la inspección al 100 % ni es técnicamente posible o se requiere de mucho tiempo para llevarla a cabo.
  - Cuando el lote está conformado por una gran cantidad de artículos que haya que inspeccionar y la probabilidad de error en la inspección es suficientemente alta, la inspección al 100 % permite dejar pasar más unidades defectuosas que un plan de muestreo.
  - En situaciones en las que históricamente el vendedor ha tenido excelentes niveles de calidad y se desea una reducción de la

cantidad de inspección, pero la capacidad del proceso no es suficientemente buena como para no inspeccionar.

- Cuando es necesario asegurar la confiabilidad del producto, aunque la capacidad del proceso fabricante del lote sea satisfactoria.<sup>39</sup>

- Ventajas

- Tiene menor costo porque se inspecciona menos, a pesar de algunos costos adicionales generados por el diseño y la administración de los planes de muestreo.
- Requiere de menos personal en las actividades de inspección, simplificando con ello el trabajo de coordinación y reduciendo los costos.
- El producto sufre menos daño al haber menos manipulación.
- Es aplicable en pruebas destructivas.
- A menudo reduce el error de inspección y la monotonía.
- El rechazo de lotes completos por la existencia de artículos defectuosos proporciona una motivación al fabricante del lote para que mejore su calidad.

- Desventajas

- Hay cierto riesgo de aceptar lotes malos y rechazar los buenos, aunque en un plan de muestreo de aceptación están previstos y cuantificados estos riesgos.
- Proporciona menos información acerca del nivel de calidad del producto o de su proceso de fabricación. Aunque bien utilizada, la información, obtenida puede ser suficiente.
- Se requiere más tiempo y conocimiento para planificar y documentar el muestreo, mientras la inspección al 100 % no.<sup>40</sup>

---

<sup>39</sup> GUTIÉRREZ PULIDO, Humberto. *Calidad total y productividad*. p. 304.

<sup>40</sup> *Ibíd.*

- Tipos de muestreo
  - Muestreo simple ( $n, c$ ): se toma una muestra de tamaño  $n$ , y si en la muestra se encuentra  $c$  o menos unidades defectuosas, el lote es aceptado, en otro caso es rechazado.
  - Muestreo doble: se toman hasta dos muestras para decidir aceptar o no. La idea es tomar una primera muestra pequeña para detectar los lotes muy buenos o muy malos, y cuando la primera no se puede decidir, entonces se toma la segunda para llegar a una conclusión definitiva. Se utilizan los siguientes términos:
    - $N$  = tamaño de lote
    - $n_1$  = tamaño de la primera muestra
    - $c_1$  = número de aceptación para la primera muestra
    - $n_2$  = tamaño de la segunda muestra
    - $c_2$  = número de aceptación para las dos muestras
  - Muestreo múltiple: se toma una muestra inicial considerablemente pequeña, y si con esta se obtiene evidencia de muy buena o muy mala calidad, se toma la decisión en consecuencia; si no, se toma una segunda muestra y se trata de decidir; si todavía no es posible, se continua con el proceso hasta tomar la decisión de aceptar o rechazar.
- Niveles de inspección: las inspecciones se inician como normales y dependiendo del comportamiento del material a inspeccionar, la cantidad a seleccionar aumenta o se reduce.

- Criterios:
  - Normal: las inspecciones se inician como normal, esto se mantiene hasta que los procedimientos que continúan exijan un cambio.
  - De normal a rigurosa: el cambio de nivel se da cuando 2 de 5 lotes consecutivos han sido rechazados.
  - De rigurosa a normal: el cambio se da cuando 5 lotes seguidos se aceptan dentro de la inspección.
  - De normal a reducida: el cambio se da cuando 1 lote resulta rechazado.
  
- Pasos para realizar el muestreo de aceptación
  - Definir tamaño del lote.
  - Conocer el nivel de inspección.
  - Consultar en la tabla y consultar el código que corresponde al tamaño de la muestra.
  - Consultar en la tabla el nivel de inspección, el código correspondiente al tamaño de la muestra de la cantidad a inspeccionar y los niveles de calidad aceptable para los defectos críticos, mayores y menores.
  - Tomar la muestra de forma aleatoria y definir la aceptación o rechazo del lote.
  
- Ejemplo práctico: realizar un muestreo de aceptación simple para un lote de 500 unidades con un nivel de aceptación del 1 %. Tipo de inspección: normal, determinar el tamaño de la muestra y los límites de aceptación.



- Inspección normal: tabla MIL STD 105E

Tamaño del lote = 500 unidades

281 a 500, le corresponde la letra H

n = tamaño de la muestra = 50

Número de aceptación = 1 unidad

Número de rechazo = 2 unidades

- Caso práctico: realizar un muestreo de aceptación simple para un lote de 100 unidades con un nivel de aceptación del 2,5 %. Tipo de inspección: normal; determinar el tamaño de la muestra y los límites de aceptación.

### **2.5.5. Prácticas de control de la producción**

Con el control de la producción debe de pronosticar la demanda que tendrá determinado producto, el costo mínimo de su producción, incluyendo los materiales como materia prima y mano de obra.

#### **2.5.5.1. Práctica 1. Pronósticos de producción**

En las empresas se analiza la demanda que tienen los productos que se fabrican y venden en el mercado; utilizan dos procesos diferentes:

- Análisis cualitativo: es aquel que se realiza con base al conocimiento de las variables que modifican la oferta y la demanda de los productos en el mercado, el conocimiento de las estrategias que utiliza la competencia, así como los planes de acción para cumplir con las metas propuestas; entonces se podría decir que este análisis se basa en fijar objetivos para el cual todo el departamento de ventas lucha para alcanzarlos.

- Análisis cuantitativo: es aquel que se basa en el estudio que se hace en función de las ventas reales realizadas en el pasado para inferir estadísticamente las ventas que se podrían alcanzar en el futuro, asumiendo que muchas de estas variables se mantendrán similares en el futuro, por ejemplo la desviación estándar de los datos, la correlación estadística, entre otros.<sup>41</sup>

Los pronósticos cuantitativos se basan en principios matemáticos y son realizados a través de software o métodos por computadora.

Como parte de la mejora del nivel de servicio las empresas desarrollan una cultura de predicción y planeación. Cuando se elabora un mal pronóstico, la planeación se viene abajo y las demás áreas de la empresa se vuelven deficientes.

Con la falla en los pronósticos se dan casos como los de ventas que no se dieron, exceso de producto en inventario, distribución inmediata reducción del margen de ventas.

Para la elaboración de un pronóstico de ventas cuantitativo, se debe conocer el periodo de tiempo de evaluación, en el cual se cuenten con datos reales de las ventas que se realizaron. Para esto se deben de llevar la secuencia del siguiente proceso:

- Gráfico o tabulación de datos: con los datos reales de la empresa en periodos anteriores, se realiza un gráfico de las ventas vs. el tiempo; esto con la finalidad de determinar el comportamiento de la curva resultante.

---

<sup>41</sup> TORRES, Sergio. *Control de la producción*. p. 9.

- Análisis primario: se debe de observar detenidamente la forma y comportamiento que sigue la curva resultante, para catalogarla dentro de las familias de curvas.
- Análisis secundario: después de identificar los datos de las ventas con alguna familia de curvas, se debe de elegir un periodo de ventas reales, asumiendo el no conocerlos y proyectarlo con el método matemático seleccionado; luego se calcula la diferencia entre los pronósticos calculados con las ventas reales. Posteriormente se debe de calcular la suma absoluta de las diferencias; obteniendo la suma servirá para compararla con otros métodos, ya que se utiliza el que muestre el menor valor acumulativo.
- Pronóstico de riesgo: estas son las proyecciones de la demanda que se calculan para periodos de tiempo en donde no se conocen datos de las ventas reales, se debe de seguir el mismo método de los de cálculo de pronósticos de evaluación, con la diferencia que no se toman los datos de venta congelados.
- Familia de curvas estables: cuando hay representación de este tipo, indica que las ventas no varían considerablemente entre los meses.

Los modelos matemáticos para proyectar las tendencias del tipo estable son:

- Último periodo: se toman los datos de las últimas ventas, esto quiere decir la información más reciente.

- Promedio aritmético: se toman los datos históricos para proyectarlo hacia futuro, este método utiliza todos los datos que se encuentren; a mayor número de datos mayor será la confiabilidad de los datos que se proyecten.
- Promedio móvil: este método es una combinación de los dos métodos anteriores, utiliza promedio para las proyecciones pero también descarta toda la información que no se considere necesario, la manera es utilizar un promedio de datos por ciclos analizados previamente, estudiando de tal forma que a medida que se necesite proyectar nuevos datos se desechan los datos viejos y se toman en cuenta los más recientes.
- Promedio móvil ponderado: se opera de la misma manera que el promedio móvil, con la diferencia que a cada periodo de los cuatro elegidos se va ponderar con un valor entre un rango que oscila entre 0 y 4. Estos valores se colocan de mayor a menor y la sumatoria de las cuatro ponderaciones debe ser igual al ciclo escogido.
- Periodo móvil ponderado exponencial: este método integra las cualidades del método móvil ponderado y da un mejor nivel de confianza en las proyecciones. Utiliza una variable que modifica los resultados con base en las variables modificadoras del pronóstico ( $\alpha$ ), esta maneja las causas al azar y las correspondientes a las debidas al modelo propiamente, el valor de esta variable oscila en el rango de 0 a 1; los valores asignados a esta variable cercanos a 0 indican que las causas que modifican la venta real respecto del pronóstico son causas al azar y los valores cercanos a 1 indican que las causas de la diferencia entre las ventas y el pronóstico son debido a las causas por el modelo.

- Este modelo asume que el pronóstico del próximo periodo es igual al pronóstico del periodo anterior más una corrección integrada por el factor  $\alpha$ , y la aplicación de la tendencia, cuyo valor es la diferencia entre las ventas reales del periodo en mención y el periodo anterior, conceptualmente.

Ejemplo práctico: con el historial de datos de las ventas del último año de la planta piloto, del producto desinfectante, calcular los pronósticos para los siguientes cuatro meses por medio de los métodos de las familias estables.

Tabla XLVIII. **Datos de ventas, planta piloto de producción**

| <b>Periodo</b> | <b>Ventas en unidades</b> |
|----------------|---------------------------|
| 1              | 900                       |
| 2              | 660                       |
| 3              | 870                       |
| 4              | 800                       |
| 5              | 690                       |
| 6              | 930                       |
| 7              | 790                       |
| 8              | 910                       |
| 9              | 700                       |
| 10             | 980                       |
| 11             | 840                       |
| 12             | 740                       |

Fuente: elaboración propia.

### 2.5.5.1.1. Método del último periodo

Como lo indica el método, para el pronóstico únicamente se tiene que tomar el valor del periodo anterior de la siguiente manera:

Tabla XLIX. **Método último periodo**

| Periodo | Ventas/unidades |                   |                    |                        |
|---------|-----------------|-------------------|--------------------|------------------------|
| 1       | 900             |                   |                    |                        |
| 2       | 660             |                   |                    |                        |
| 3       | 870             |                   |                    |                        |
| 4       | 800             |                   |                    |                        |
| 5       | 690             |                   |                    |                        |
| 6       | 930             |                   |                    |                        |
| 7       | 790             |                   |                    |                        |
| 8       | 910             | <b>Pronóstico</b> | <b>Error (V-P)</b> | <b>Error acumulado</b> |
| 9       | 700             | 910               | -210               | 210                    |
| 10      | 980             | 700               | 280                | 490                    |
| 11      | 840             | 980               | -140               | 630                    |
| 12      | 740             | 840               | -100               | 730                    |

Fuente: elaboración propia.

### 2.5.5.1.2. Método del promedio aritmético

Se realiza el cálculo del promedio de los periodos anteriores al cual se quiere pronosticar de la siguiente manera:

$$P_9 = \frac{900 + 660 + 870 + 800 + 690 + 930 + 790 + 910}{8} = 819$$
$$P_{10} = \frac{900 + 660 + 870 + 800 + 690 + 930 + 790 + 910 + 700}{9} = 806$$

$$P_{11} = 823$$

$$P_{12} = 825$$

Tabla L. **Método promedio aritmético**

| Periodo | Ventas/unidades |                   |                    |                        |
|---------|-----------------|-------------------|--------------------|------------------------|
| 1       | 900             |                   |                    |                        |
| 2       | 660             |                   |                    |                        |
| 3       | 870             |                   |                    |                        |
| 4       | 800             |                   |                    |                        |
| 5       | 690             |                   |                    |                        |
| 6       | 930             |                   |                    |                        |
| 7       | 790             |                   |                    |                        |
| 8       | 910             | <b>Pronóstico</b> | <b>Error (V-P)</b> | <b>Error acumulado</b> |
| 9       | 700             | 819               | -119               | 119                    |
| 10      | 980             | 806               | 174                | 293                    |
| 11      | 840             | 823               | 17                 | 310                    |
| 12      | 740             | 825               | -85                | 395                    |

Fuente: elaboración propia.

### 2.5.5.1.3. Promedio móvil

Para el cálculo de los pronósticos se utilizaran 4 periodos como referencia para realizar el promedio de la siguiente manera:

$$P_9 = \frac{690 + 930 + 790 + 910}{4} = 830$$

$$P_{10} = \frac{930 + 790 + 910 + 700}{4} = 833$$

$$P_{11} = \frac{790 + 910 + 700 + 980}{4} = 845$$

$$P_{12} = \frac{910 + 700 + 980 + 840}{4} = 858$$

Tabla LI. **Método promedio móvil**

| Periodo | Ventas/unidades |                   |                    |                        |
|---------|-----------------|-------------------|--------------------|------------------------|
| 1       | 900             |                   |                    |                        |
| 2       | 660             |                   |                    |                        |
| 3       | 870             |                   |                    |                        |
| 4       | 800             |                   |                    |                        |
| 5       | 690             |                   |                    |                        |
| 6       | 930             |                   |                    |                        |
| 7       | 790             |                   |                    |                        |
| 8       | 910             | <b>Pronóstico</b> | <b>Error (V-P)</b> | <b>Error acumulado</b> |
| 9       | 700             | 830               | -130               | 130                    |
| 10      | 980             | 833               | 147                | 277                    |
| 11      | 840             | 845               | -5                 | 282                    |
| 12      | 740             | 858               | -118               | 400                    |

Fuente: elaboración propia.

#### 2.5.5.1.4. Promedio móvil ponderado

Para la ponderación del método se debe distribuir el valor del ciclo que en este caso es de 4 elementos, teniendo el cuidado de que los valores asignados sean de valor creciente o como mínimo igual al anterior.

*Factores de ponderación: 0,5, 0,75, 1,25, 1,5*

$$P_9 = \frac{690 * 0,5 + 930 * 0,75 + 790 * 1,25 + 910 * 1,5}{4} = 849$$

$$P_{10} = \frac{930 * 0,5 + 790 * 0,75 + 910 * 1,25 + 700 * 1,5}{4} = 811$$

$$P_{11} = \frac{790 * 0,5 + 910 * 0,75 + 700 * 1,25 + 980 * 1,5}{4} = 856$$

$$P_{12} = \frac{910 * 0,5 + 700 * 0,75 + 980 * 1,25 + 840 * 1,5}{4} = 866$$



Tabla LII. **Método promedio móvil ponderado**

| Periodo | Ventas/unidades |                   |                    |                        |
|---------|-----------------|-------------------|--------------------|------------------------|
| 1       | 900             |                   |                    |                        |
| 2       | 660             |                   |                    |                        |
| 3       | 870             |                   |                    |                        |
| 4       | 800             |                   |                    |                        |
| 5       | 690             |                   |                    |                        |
| 6       | 930             |                   |                    |                        |
| 7       | 790             |                   |                    |                        |
| 8       | 910             | <b>Pronóstico</b> | <b>Error (V-P)</b> | <b>Error acumulado</b> |
| 9       | 700             | 849               | -149               | 149                    |
| 10      | 980             | 811               | 169                | 318                    |
| 11      | 840             | 856               | -16                | 334                    |
| 12      | 740             | 866               | -126               | 460                    |

Fuente: elaboración propia.

Caso práctico: con los datos de la producción realizada en la planta piloto en los últimos diez periodos, realizar los cálculos para determinar los pronósticos de los métodos de último periodo, promedio aritmético, promedio móvil y móvil ponderado. Factores de ponderación: 0,5, 0,75, 1,25, 1,5. Y determinar cuál es el método que se debería utilizar para la empresa.

### **2.5.5.2. Práctica 2. Planificación de producción continua**

Producción continua es aquella que se basa en producir todos los meses los mismos productos, pero en diferentes cantidades, el sistema consiste en agrupar los recursos disponibles bajo una matriz de asignación de transporte, en la que todos los elementos que la integren deben estar bajo las mismas dimensionales, por ejemplo: los pronósticos de ventas, que habitualmente están dados o tabulados en cajas, se deben expresar en horas necesarias para producir dichas cajas, con el propósito de relacionarlos con los demás datos con que se cuentan.

Los elementos de una matriz de asignación con los siguientes:

- Disponibilidad de tiempo
- Requerimiento de producción
- Costos de producción
- Costo de almacenaje

La disponibilidad de tiempo, es la cantidad total de tiempo con que se cuenta en los diferentes meses en análisis; en algunos países la legislación de los derechos laborales del trabajador varía según sus estatus fundamentales, por ejemplo en la región centroamericana, las jornadas laborales se clasifican en tres jornadas de trabajo básicas:

- Jornada diurna
- Jornada mixta
- Jornada nocturna

Cada una de ellas tiene un límite máximo de horas durante la semana según el Código de Trabajo y los convenios internacionales imperantes en el país, sin embargo, estas jornadas laborales no tienen límite mínimo de horas laborables, pues en este sentido las leyes laborales tienen carácter tutelar y protegen siempre a los trabajadores; por lo tanto, en cada una de las jornadas establecidas, solo se indica el máximo de horas obligatorias de trabajo y si por alguna razón el empleador hace que el trabajador trabaje más de las horas laborables establecidas en el Código de Trabajo, estas horas se tienen que clasificar como horas extras, y por consiguiente, se deben pagar según las leyes de cada país.

Por ejemplo en el área centroamericana el costo de la hora extra se debe pagar al 1,5 del costo de la hora normal de trabajo de cada trabajador, siendo 12 horas máximas diarias el número de horas permitidas de trabajo por jornada.<sup>42</sup>

---

<sup>42</sup> TORRES, Sergio. *Control de la producción*. p. 57.

La disponibilidad de tiempo entonces quiere decir que es la cantidad de tiempo máximo con que se cuenta para realizar un trabajo o tarea en una línea de producción; esta disponibilidad está limitada al porcentaje de tiempo asignado a cada línea según sus requerimientos de producción que es necesario para cumplir con los pronósticos en ventas.

- **Requerimientos:** los requerimientos de tiempo en la matriz de asignación, es la información de las unidades equivalentes a producir, para poder transformar los pronósticos de ventas en horas de producción necesarias.
- **Costos de producción:** son todos los costos que participan en la producción de un bien o servicio, conocidos desde el punto de vista contable como gastos de fabricación. En estos costos se encuentran los costos de energía, mano de obra directa e indirecta. Otros de los costos son el de los materiales de fabricación, costos de administración de la planta y depreciación de maquinaria.
- **Disponible local:** se colocan las horas disponibles de tiempo de cada periodo en análisis, y se debe de colocar dentro de las casillas de análisis del mes para el mes.
- **Planificado:** se colocan tanto el tiempo normal como el tiempo extra utilizado en el mes para poder producir todos los pronósticos de producción que se asignaron a ese mes. Se debe de tomar el costo de menor costo posible de todas las alternativas existentes de cada mes.
- **Presentación de la matriz de asignación:** para optimizar la planificación de productores del tipo continua, funciona asignándole valores que se optimizan a través de una serie de cuadros de asignación.

Ejemplo práctico: la industria de alimentos “El Fortachón” se dedica a fabricar un producto de avena a base de nutrientes y proteínas muy específicas. Sus lotes de producción los almacena en forma de paquetes que contienen doce unidades cada uno. La demanda pronosticada para los últimos seis meses del 2011, el proceso de fabricación, los salarios del personal, costo de materiales y energía eléctrica, así como el costo por almacenaje se detalla a continuación.<sup>43</sup>

Sueldo operario = Q 2 500/mes; Sueldo auxiliar = Q 1 500/mes

Tabla LIII. **Cantidad de operarios por proceso, producción continua**

| <b>Proceso</b> | <b>Operarios</b> | <b>Auxiliares</b> |
|----------------|------------------|-------------------|
| A              | 3                | 4                 |
| B              | 3                | 5                 |
| C              | 2                | 4                 |
| D              | 3                | 3                 |

Fuente: TORRES, Sergio. *Control de la producción*. p. 65.

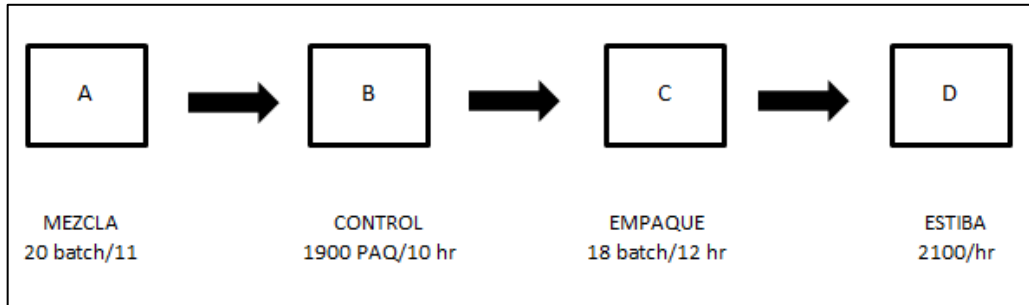
Tabla LIV. **Mes y demanda, producción continua I**

| <b>Mes</b> | <b>Demanda</b> |
|------------|----------------|
| Julio      | 25 000         |
| Agosto     | 22 000         |
| Septiembre | 28 000         |
| Octubre    | 23 000         |
| Noviembre  | 26 000         |
| Diciembre  | 24 000         |

Fuente: TORRES, Sergio. *Control de la producción*. p. 65.

<sup>43</sup> TORRES, Sergio. *Control de la producción*. p. 65.

Figura 62. **Proceso de producción, producción continua**



Fuente: TORRES, Sergio. *Control de la producción*. p. 65.

1 batch = 90 paquetes

Tabla LV. **Número de motores I**

| Energía eléctrica | Núm. De motores | HP/motor |
|-------------------|-----------------|----------|
| A                 | 6               | 7        |
| B                 | 2               | 3        |
| C                 | 4               | 4        |
| D                 | 5               | 2        |

Fuente: TORRES, Sergio. *Control de la producción*. p. 65.

Tabla LVI. **Número de motores II**

| Material    | Cantidad | Costo      |
|-------------|----------|------------|
| Trigo       | 0,4 qq   | Q 6,00/lb  |
| Proteínas   | 12 lb    | Q 8,00/lb  |
| Leche       | 8 gl     | Q 10,00/lb |
| Preservante | 3 lb     | Q 5,00/lb  |

Fuente: TORRES, Sergio. *Control de la producción*. p. 66.

$$\text{Costo}_{EE} = \frac{Q 1,50}{\text{KWatt} - \text{hora}}$$

$$1\text{HP} = 0,75 \text{ KWatt}$$

Jornada laboral: diurna especial

“Industria de alimentos “El Fortachon” solicita a los equipos de trabajo de control de la producción establecer el costo que se requiere para cumplir con la fabricación de paquetes de avena requeridos para los meses detallados”.<sup>44</sup>

Ritmos de producción

$$\text{Estación A} = \left(\frac{20 \text{ batch}}{11\text{hr}}\right) \left(\frac{90 \text{ paq}}{1\text{batch}}\right) = 163 \frac{\text{paq}}{\text{batch}}$$

$$\text{Estación B} = \left(\frac{1900 \text{ paq}}{10 \text{ hr}}\right) = 190 \frac{\text{paq}}{\text{hr}}$$

$$\text{Estación C} = \left(\frac{18 \text{ batch}}{12 \text{ hr}}\right) \left(\frac{90 \text{ paq}}{1 \text{ btch}}\right) = 135 \frac{\text{paq}}{\text{hr}} \text{ (estación más lenta)}$$

$$\text{Estación D} = \left(\frac{2100 \text{ paq}}{9 \text{ hr}}\right) = 233 \frac{\text{paq}}{\text{hr}}$$

---

<sup>44</sup> TORRES, Sergio. *Control de la producción*. p. 65.

Determinación de costos con base en la estación más lenta

Mano de obra:

$$\text{Mano de obra} = 2 \left( \frac{Q 2\,500}{\text{mes}} \right) + 4 \left( \frac{Q 1\,500}{\text{mes}} \right) = \frac{Q 11\,000}{\text{mes}}$$

$$\text{Mano de obra (hora normal)} = \frac{\left( \frac{Q 11\,000}{\text{mes}} \right)}{240} = \frac{Q 45,83}{\text{hr}}$$

$$\text{Mano de obra (hora normal)} = Q 45,83 * 1,33 = \frac{Q 60,95}{\text{hr}}$$

$$\text{Mano de obra (hora extraordinaria)} = \frac{Q 60,95}{\text{hr}} * 1,5 = \frac{Q 91,43}{\text{hr}}$$

Materiales:

$$\text{Trigo} = \left( \frac{Q 40 \text{ lb}}{\text{batch}} \right) * \left( \frac{1 \text{ batch}}{90 \text{ paq}} \right) * \left( \frac{Q 6,00}{\text{lb}} \right) = \frac{Q 2,67}{\text{paq}}$$

$$\text{Proteínas} = \left( \frac{12 \text{ lb}}{\text{batch}} \right) * \left( \frac{1 \text{ batch}}{90 \text{ paq}} \right) * \left( \frac{Q 8,00}{\text{lb}} \right) = \frac{Q 1,07}{\text{paq}}$$

$$\text{Leche} = \left( \frac{8 \text{ gal}}{\text{batch}} \right) * \left( \frac{3,785 \text{ lt}}{\text{gal}} \right) * \left( \frac{1 \text{ batch}}{90 \text{ paq}} \right) * \left( \frac{Q 10,00}{\text{lt}} \right) = \frac{Q 3,36}{\text{paq}}$$

$$\text{Preservante} = \left( \frac{3 \text{ lb}}{\text{batch}} \right) * \left( \frac{1 \text{ batch}}{90 \text{ paq}} \right) * \left( \frac{Q 5,00}{\text{lb}} \right) = \frac{Q 0,17}{\text{paq}}$$

$$\text{Total costo materiales por paquete} = \frac{Q 7,27}{\text{paq}}$$

$$\frac{\text{Costo materia prima}}{\text{hora}} (\text{estación C}) = \left( \frac{Q 7,27}{\text{paq}} \right) * \left( \frac{135 \text{ paq}}{\text{hr}} \right)$$

$$\text{Costo material} = \frac{Q 981,45}{hr}$$

Energía eléctrica:

$$EE = (4 \text{ motores}) * \left(4 \frac{HP}{motor}\right) * \left(\frac{0,75KWatt}{1HP}\right) * \left(\frac{Q 1,50}{KWatt} - hr\right) = \frac{Q 18}{hr}$$

Almacenaje:

$$Alm = \left(\frac{Q 50}{mes} - paq\right) * \left(\frac{1mes}{30 \text{ días}}\right) * \left(\frac{1día}{24hr}\right) = \frac{Q 0,07}{paq - hr}$$

$$Alm (\text{estación C}) = \left(\frac{Q 0,07}{paq - hr}\right) * \left(\frac{135 paq}{hr}\right) = Q 9,45/hr$$

Tabla LVII. **Resumen de costos, producción continua**

| Elementos         | Hora normal       | Hora extra        |
|-------------------|-------------------|-------------------|
| Mano de obra      | Q 60,95           | Q 91,30           |
| Materia prima     | Q 981,45          | Q 981,45          |
| Energía eléctrica | Q 18              | Q 18,00           |
| Almacenaje        | Q 9,45            | Q 9,45            |
| <b>TOTAL</b>      | <b>Q 1 069,85</b> | <b>Q 1 100,33</b> |

Fuente: TORRES, Sergio. *Control de la producción*. p. 67.

Requerimientos:

Se debe calcular el requerimiento del tiempo necesario para cumplir con la producción de cada mes; en función de la estación más lenta.



$$\begin{aligned}
 \text{Julio} &= (25\,000 \text{ paq}) * \left(\frac{1 \text{ hr}}{135 \text{ paq}}\right) = 186 \text{ hr} \\
 \text{Agosto} &= (22\,000 \text{ paq}) * \left(\frac{1 \text{ hr}}{135 \text{ paq}}\right) = 163 \text{ hr} \\
 \text{Septiembre} &= (28\,000 \text{ paq}) * \left(\frac{1 \text{ hr}}{135 \text{ paq}}\right) = 208 \text{ hr} \\
 \text{Octubre} &= (23\,000 \text{ paq}) * \left(\frac{1 \text{ hr}}{135 \text{ paq}}\right) = 171 \text{ hr} \\
 \text{Noviembre} &= (26\,000 \text{ paq}) * \left(\frac{1 \text{ hr}}{135 \text{ paq}}\right) = 193 \text{ hr} \\
 \text{Diciembre} &= (24\,000 \text{ paq}) * \left(\frac{1 \text{ hr}}{135 \text{ paq}}\right) = 178 \text{ hr}
 \end{aligned}$$

Disponibilidad: (julio a diciembre 2011)

Tabla LVIII. Disponibilidad de horas en julio de 2011

| Semana       | Lunes-Jueves | Viernes | Sábado |
|--------------|--------------|---------|--------|
| 1            | 0            | 1       | 1      |
| 2            | 4            | 1       | 1      |
| 3            | 4            | 1       | 1      |
| 4            | 4            | 1       | 1      |
| 5            | 4            | 1       | 1      |
| <b>Total</b> | 16 días      | 5 días  | 5 días |

Fuente: TORRES, Sergio. *Control de la producción*. p. 68.

Para descansar 2 días a la semana, se decide trabajar una jornada diurna especial.

*Lunes – jueves = 9 hrs. diarias      Disponible hrs. extra = 3 hr*  
*Viernes = 8 hrs. diarias              Disponible hrs. extra = 4 hr*

$$\text{Horas normales} = 16(9) + 5(8) = 184 \text{ días}$$

$$\text{Horas extra} = 16(3) + 5(4) = 68 \text{ horas}$$

Tabla LIX. **Cantidad de hora normal y extra**

| Mes        | Hora normal | Hora extra |
|------------|-------------|------------|
| Julio      | 184         | 68         |
| Agosto     | 194         | 70         |
| Septiembre | 184         | 68         |
| Octubre    | 167         | 61         |
| Noviembre  | 185         | 67         |
| Diciembre  | 193         | 71         |

Fuente: TORRES, Sergio. *Control de la producción*. p. 68.

Figura 63. **Matriz de preanálisis, cantidad de hora normal y extra**

|                          | Julio | Agosto | Sep                   | Oct         | Nov                 | Dic                 | Total                             |                        |      |
|--------------------------|-------|--------|-----------------------|-------------|---------------------|---------------------|-----------------------------------|------------------------|------|
| <b>Tiempo Disponible</b> |       |        | 184                   | 194         | 184                 | 167                 | 185                               | 193                    | 1107 |
| <b>Requerimiento</b>     |       |        | 186                   | 163         | 208                 | 171                 | 193                               | 178                    | 1099 |
| <b>Diferencia</b>        |       |        | -2                    | 31          | -24                 | -4                  | -8                                | 15                     | 8    |
| <b>Acumulado 1</b>       |       |        | -2                    | 29          | 5                   | 1                   | -7                                | 8                      |      |
| <b>Plan</b>              |       |        | JDE<br>(2hr<br>extra) | JDE         | JDE<br>(Inventario) | JDE<br>(Inventario) | JDE<br>(Inventario+5<br>hr extra) | JDE<br>(15 HR<br>Ocio) |      |
| <b>Acumulado 2</b>       |       |        | 0                     | 31<br>(Ago) | 3 (Ago)             | 3 (Ago)             | 0                                 | 15<br>(Dic)            |      |

Fuente: TORRES, Sergio. *Control de la producción*. p. 69.

- Breve análisis del cuadro anterior:
  - Al comparar el tiempo disponible normal contra los requerimientos de cada mes, se determina que sí se cumple con la producción demandada.

- Opción 1 para cubrir las horas faltantes: trabajar horas extras en los meses que así lo requiera la producción.
- Opción 2 para cubrir las horas faltantes: doblar turno en un mes específico para cumplir con la demanda y evitar el pago de horas extra.

Figura 64. **Matriz de asignación, producción continua**

| Disponibilidad<br>Requerimiento | Julio<br>184 68              | Agosto<br>194 70                 | Septiembre<br>184 68            | Octubre<br>167 61                | Noviembre<br>185 67          | Diciembre<br>193 71              |
|---------------------------------|------------------------------|----------------------------------|---------------------------------|----------------------------------|------------------------------|----------------------------------|
| <b>Julio<br/>(186 hr)</b>       | 184 68<br>1069 1100<br>184 2 |                                  |                                 |                                  |                              |                                  |
| <b>Agosto<br/>(163 hr)</b>      | --<br>66                     | 194 70<br>1069.85<br>163<br>---- |                                 |                                  |                              |                                  |
| <b>Septiembre<br/>(208 hr)</b>  |                              | 31<br>1079.30<br>24              | 184 68<br>1069.35<br>184<br>--- |                                  |                              |                                  |
| <b>Octubre<br/>(171 hr)</b>     |                              | 7<br>1088.75<br>4                | ----                            | 167 61<br>1069.85<br>167<br>---- |                              |                                  |
| <b>Noviembre<br/>(193 hr)</b>   |                              | 3<br>1098.20<br>3                |                                 | ----                             | 185 67<br>1069 1100<br>185 5 |                                  |
| <b>Diciembre<br/>(178 hr)</b>   |                              | ---                              |                                 |                                  | ---<br>62                    | 193 71<br>1069.85<br>178<br>---- |

Fuente: TORRES, Sergio. *Control de la producción*. p. 70.

Costo total de producción

$$\begin{aligned}
 \text{Julio} &= 184(1\ 069,85) + 2(1\ 100,33) = Q\ 199\ 053,06 \\
 \text{Agosto} &= 163(1\ 069,85) + 24(1\ 079,30) + 4(1\ 088,75) + 3(1\ 098,2) \\
 &= Q\ 207\ 938,35
 \end{aligned}$$

$$\text{Septiembre} = 184(1\ 069,85) = Q\ 196\ 852,40$$

$$\text{Octubre} = 167(1\ 069,85) = Q\ 178\ 664,95$$

$$\text{Noviembre} = 184(1\ 069,85) + 5(1\ 100,33) = Q\ 203\ 423,90$$

$$\text{Diciembre} = 178(1\ 069,85) + 15(60,95) = Q\ 191\ 347,55$$

$$\text{Costo total} = Q\ 1\ 177\ 280,21$$

Caso práctico: establecer el costo de producción del desinfectante elaborados en la planta piloto que se requiere para cumplir con la producción para el siguiente semestre. Sus lotes de producción se almacenan en forma de paquetes que contienen doce unidades cada uno. La demanda pronosticada para los primeros seis meses del año 2014, el proceso de fabricación, los salarios del personal, costo de materiales y energía eléctrica, así como el costo por almacenaje son:

Sueldo operario = Q 2 644,40/mes; sueldo auxiliar = Q 2 000,00/mes

Tabla LX. **Cantidad de operarios por proceso, producción continua**

| Proceso | Operarios | Auxiliares |
|---------|-----------|------------|
| A       | 2         | 1          |
| B       | 2         | 1          |
| C       | 3         | 1          |
| D       | 2         | 1          |

Fuente: elaboración propia.

Tabla LXI. **Mes y demanda, producción continua II**

| Mes   | Demanda |
|-------|---------|
| Enero | 6 000   |

Continuación de la tabla LXI.

|         |       |
|---------|-------|
| Febrero | 5 500 |
| Marzo   | 8 000 |
| Abril   | 9 000 |
| Mayo    | 6 000 |
| Junio   | 7 600 |

Fuente: elaboración propia.

Figura 65. **Proceso de producción, producción continua**



Fuente: elaboración propia.

1 batch = 50 unidades

Tabla LXII. **Número de motores III**

| Energía eléctrica | Núm. de motores | HP/motor |
|-------------------|-----------------|----------|
| A                 | 1               | 2,5      |
| B                 | 2               | 5        |
| C                 | 2               | 5        |
| D                 | 1               | 3        |

Fuente: elaboración propia.

Tabla LXIII. **Cantidad de material para desinfectante y costo**

| <b>Material</b>      | <b>Cantidad</b> | <b>Costo</b> |
|----------------------|-----------------|--------------|
| Nonilfenol           | 25 ml           | Q 30/litro   |
| Alcohol isopropílico | 10 ml           | Q 25/litro   |
| Amonio cuaternario   | 4 ml            | Q 37/litro   |
| Propilenglicol       | 12 ml           | Q 28/litro   |
| Color vegetal        | 20 ml           | Q 18/litro   |
| Aroma                | 25 ml           | Q 150/litro  |

Fuente: elaboración propia.

$$\text{Costo}_{EE} = \frac{Q 1,65}{\text{KWatt} - \text{hora}}$$

$$1\text{HP} = 0,75 \text{ KWatt}$$

Jornada laboral: diurna

Se solicita a los equipos de trabajo de control de la producción establecer el costo de producción que se requiere para cumplir con la fabricación de paquetes de avena requeridos para los primeros 6 meses del 2014.

### **2.5.5.3. Práctica 3. Planificación de producción intermitente**

La producción intermitente es un sistema de producción de lotes, se trabaja con un lote determinado de productos que se limita a un nivel de producción, seguido por la producción de otro lote de producto diferente.

Este tipo de producción a diferencia de la producción continua, no se basa en pronósticos de demanda para un periodo en particular, sino más bien se ejecuta a partir de una solicitud de productos por parte del departamento de ventas, después del que se logró realizar una venta específica. Es decir que primero debe de existir la demanda real para luego establecer el mecanismo de producción que se establecerá en la planta, tomando en cuenta los ritmos de producción actuales en las distintas estaciones de la línea.

Este tipo de producción se aplica en talleres industriales, litografías e imprentas, centros de servicio, restaurantes, entre otros; en general, en aquellas empresas que fabrican productos con características especiales que requieren especificaciones precisas.

El procedimiento general para ejecutar una planificación de producción intermitente, contiene los siguientes pasos:

- Venta real
- Plan de trabajo
- Programa básico
- Programa final
- Ordenes de trabajo
- Herramientas a utilizar
  - Información proporcionada por el departamento de ventas de la cantidad, tipo de producto a fabricarse y fechas de entrega prometidas, si las hubiera.
  - Hojas con cuadros, resúmenes y especificaciones de los productos a fabricarse.

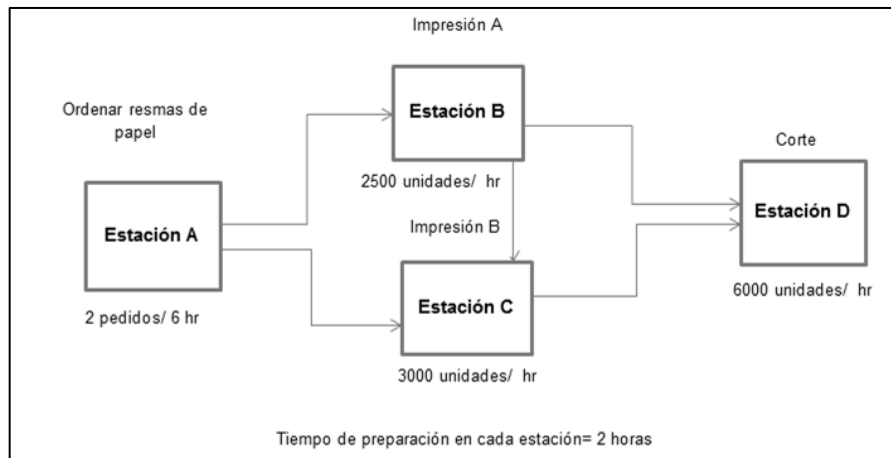
- Detalle de la capacidad de la planta en cuanto a recursos (mano de obra, maquinaria, materiales, entre otros) y rendimiento en cada estación de trabajo.
  - Diagrama de Gantt: utilización de esta técnica para representar la asignación de los trabajos a las distintas estaciones con sus respectivos tiempos de duración y precedencia de las operaciones que componen cada pedido.
  - Software de aplicación para realizar los diagramas de Gantt.
  - Calculadora, regla, hojas milimetradas y borrador.
- Procedimiento de solución
    - Se conoce la cantidad y fechas de entrega de los pedidos a fabricar, de otra forma se debe de determinar la fecha de entrega de cada periodo.
    - Se establece la capacidad de la planta a través de evaluar los rendimientos de las estaciones de trabajo que se verán involucradas en la producción de los pedidos.
    - Se ejecuta un plan que contiene cinco puntos básicos para establecer la programación: venta real proporcionada por el departamento de ventas, plan de trabajo, programa básico, programa final y orden de trabajo.
    - Diseño de las hojas de tabulación con datos y/o especificaciones del producto a fabricar, los cuales forman parte del trabajo.
    - Elaboración de las órdenes de trabajo que contienen la información final de los horarios de trabajo de cada estación por cada pedido.



Ejemplo práctico: la imprenta “*Imprimax print engineering*” se dedica a la impresión y comercialización de papelería para oficina. Actualmente tiene un pedido de tres tipos de papelería, cada tipo contiene un diseño específico.

La información proporcionada por la empresa es la siguiente:

Figura 66. **Proceso de producción, “*Imprimax print engineering*”**



Fuente: elaboración propia.

Tabla LXIV. **Detalle de los pedidos, producción intermitente**

| Pedido | Tipo de papelería | Unidades | Proceso de producción |
|--------|-------------------|----------|-----------------------|
| 1      | Hojas membretadas | 50 000   | A-B-D                 |
| 2      | Ordenes de envío  | 40 000   | A-C-D                 |
| 3      | Facturas          | 20 000   | A-B-C-D               |

Fuente: elaboración propia.

- Jornada laboral: diurna especial.
- Fecha inicio de producción: lunes 5 enero de 2015.
- Desarrollar un plan de producción con base en la información proporcionada, para estimar la fecha de entrega de cada uno de los pedidos en función de la capacidad operativa que tiene la empresa.
- Venta real:
  - Pedido 1 = 50 000 unidades
  - Pedido 2 = 40 000 unidades
  - Pedido 1 = 20 000 unidades
- Plan de trabajo: se establece en unidades de tiempo, lo que se requiere para fabricar cada uno de los pedidos en las distintas estaciones de trabajo acorde a su ritmo de producción.
- Pedido 1: proceso A-B-D
  - Requerido:
    - ✓ Estación A = 2 pedidos/6 hrs = 1 pedido/3 hrs
    - ✓ Estación B = 50 000 \* (1 hr / 2500 u) = 20 hrs
    - ✓ Estación D = 50 000 \* (1 hr / 6000 u) = 9 hrs
- Pedido 2: proceso A-C-D
  - Requerido:
    - ✓ Estación A = 2 pedidos/6 hrs = 1 pedido/3 hrs

- ✓ Estación C =  $40\,000 * (1\text{hr}/3\,000\text{ u}) = 14\text{ hrs}$
  - ✓ Estación D =  $40\,000 * (1\text{hr}/6\,000\text{ u}) = 7\text{ hrs}$
- Pedido 3: proceso A-B-C-D
  - Requerido:
    - ✓ Estación A =  $2\text{ pedidos}/6\text{ hrs} = 1\text{ pedido}/3\text{ hrs}$
    - ✓ Estación B =  $20\,000 * (1\text{hr}/2\,500\text{ u}) = 8\text{ hrs}$
    - ✓ Estación C =  $20\,000 * (1\text{hr}/3\,000\text{ u}) = 7\text{ hrs}$
    - ✓ Estación D =  $20\,000 * (1\text{hr}/6\,000\text{ u}) = 4\text{ hrs}$

Figura 67. **Hoja de especificaciones**

| <b>HOJA DE ESPECIFICACIONES</b>   |                         |
|---|-------------------------|
| Cliente: _____  |                         |
| Producto: _____   | Código asignado: _____  |
| Fecha de entrega: _____   | Fecha de emisión: _____ |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>• Especificaciones generales:</li> </ul> |                         |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>• Autorización :</li> </ul>              |                         |

Fuente: elaboración propia.

Figura 68. Plan de trabajo 1

| <b>PLAN DE TRABAJO</b>   |                        |          |   |                 |                      |
|--|------------------------|----------|---|-----------------|----------------------|
| Cliente: <u>  C-L-001  </u>  |                        |          |   |                 |                      |
| Producto: <u>  Hojas membretadas  </u>   |                        |          | Código asignado: <u>  HM-001  </u>          |                 |                      |
| Cantidad: <u>  50,000 unidades  </u>   |                        |          | Proceso: <u>  A-B-D  </u>                   |                 |                      |
| Fecha inicio de producción: <u>  5 de enero, 2015  </u>  |                        |          | Fecha de entrega: <u>                  </u> |                 |                      |
| Jornada: <u>  Diurna especial  </u>  |                        |          |   |                 |                      |
| Núm.   | Descripción            | Estación | Tiempo prep.                                | Tiempo estándar | Observaciones        |
| 1  | Preparación pedido     | A        | 2 HORAS                                     |                 | Mesa de trabajo      |
| 2  | Ordenar resma de papel | A        |   | 3 HORAS         | Silla de trabajo     |
| 3  | Prep. maquinaria       | B        | 2 HORAS                                     |                 | Maquinaria y equipo  |
| 4  | Impresión A de pedido  | B        |   | 20 HORAS        | Máquina de impresión |
| 5  | Prep. cortadora        | D        | 2 HORAS                                     |                 | Ajuste de cortadora  |
| 6  | Efectuar corte         | D        |   | 9 HORAS         | Guillotina           |
| <p><b>Resumen:</b><br/>           Estación A = 5 HORAS<br/>           Estación B = 22 HORAS<br/>           Estación C = 11 HORAS</p> <p style="text-align: right; margin-top: 20px;">_____</p> <p style="text-align: right;">FIRMA</p> |                        |          |   |                 |                      |

Fuente: elaboración propia.

Figura 69. Plan de trabajo 2

| <b>PLAN DE TRABAJO</b>  |                        |          |   |                 |                      |
|---|------------------------|----------|---|-----------------|----------------------|
| Cliente: <u>  C-L-001  </u>   |                        |          |   |                 |                      |
| Producto: <u>  Órdenes de envío  </u>   |                        |          | Código asignado: <u>  OE-001  </u>          |                 |                      |
| Cantidad: <u>  40,000 unidades  </u>  |                        |          | Proceso: <u>  A-C-D  </u>                   |                 |                      |
| Fecha inicio de producción: <u>  5 de enero, 2015  </u>   |                        |          | Fecha de entrega: <u>                  </u> |                 |                      |
| Jornada: <u>  Diurna especial  </u>   |                        |          |   |                 |                      |
| Núm.  | Descripción            | Estación | Tiempo prep.                                | Tiempo estándar | Observaciones        |
| 1   | Preparación pedido     | A        | 2 HORAS                                     |                 | Mesa de trabajo      |
| 2   | Ordenar resma de papel | A        |   | 3 HORAS         | Silla de trabajo     |
| 3   | Prep. maquinaria       | B        | 2 HORAS                                     |                 | Maquinaria y equipo  |
| 4   | Impresión A de pedido  | B        |   | 14 HORAS        | Máquina de impresión |
| 5   | Prep. Ccrtadora        | D        | 2 HORAS                                     |                 | Ajuste de cortadora  |
| 6   | Efectuar corte         | D        |   | 7 HORAS         | Guillotina           |
| <p><b>Resumen:</b><br/>                     Estación A = 5 HORAS<br/>                     Estación B = 16 HORAS<br/>                     Estación C = 9 HORAS</p> <p style="text-align: right; margin-right: 100px;">_____</p> <p style="text-align: right; margin-right: 100px;">FIRMA</p> |                        |          |   |                 |                      |

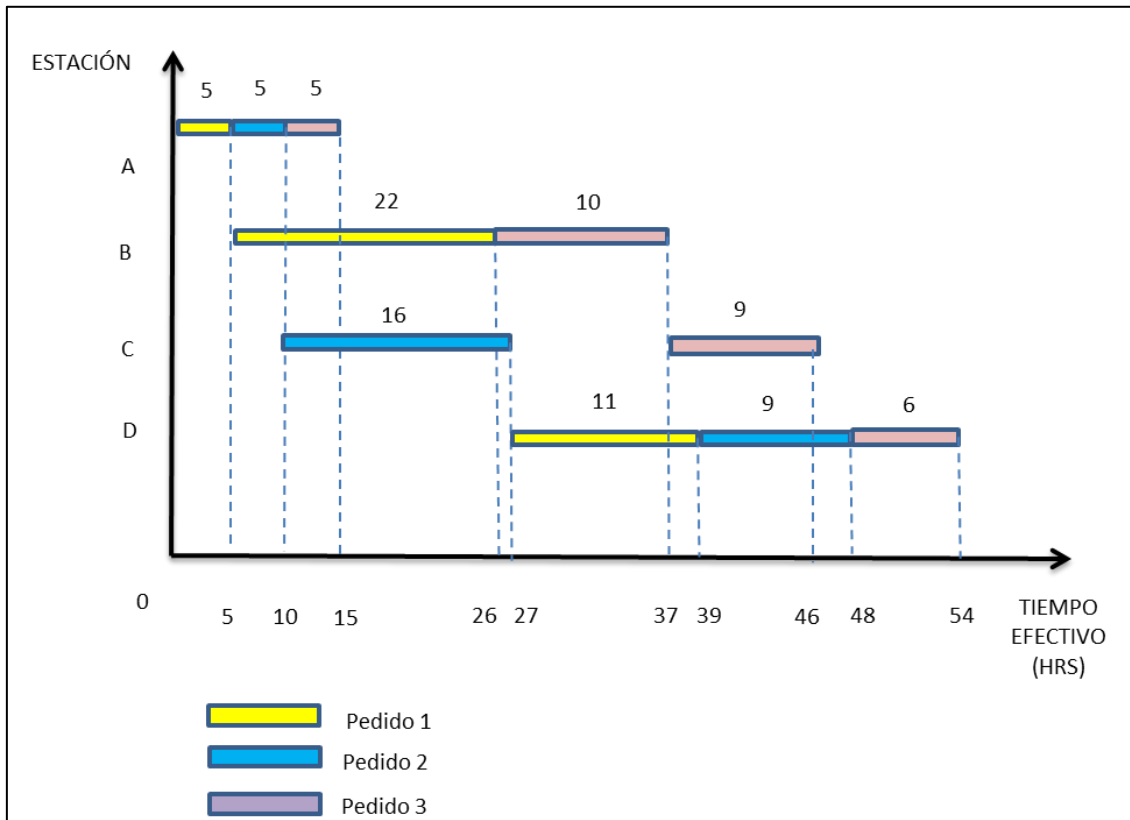
Fuente: elaboración propia.

Figura 70. Plan de trabajo 3

| <b>PLAN DE TRABAJO</b>   |                        |          |                                |                 |                      |
|--|------------------------|----------|--------------------------------|-----------------|----------------------|
| Cliente: <u>C-L-001</u>  |                        |          |                                |                 |                      |
| Producto: <u>Facturas</u>  |                        |          | Código Asignado: <u>FC-001</u> |                 |                      |
| Cantidad: <u>20,000 unidades</u>   |                        |          | Proceso: <u>A-B-C-D</u>        |                 |                      |
| Fecha inicio de producción: <u>5 de enero, 2015</u>  |                        |          | Fecha de entrega: _____        |                 |                      |
| Jornada: <u>Diurna especial</u>  |                        |          |                                |                 |                      |
| Núm.   | Descripción            | Estación | Tiempo prep.                   | Tiempo estándar | Observaciones        |
| 1  | Preparación pedido     | A        | 2 HORAS                        |                 | Mesa de trabajo      |
| 2  | Ordenar resma de papel | A        |                                | 3 HORAS         | Silla de trabajo     |
| 3  | Prep. maquinaria       | B        | 2 HORAS                        |                 | Maquinaria y equipo  |
| 4  | Impresión A de pedido  | B        |                                | 8 HORAS         | Máquina de impresión |
| 5  | Prep. maquinaria       |          | 2 HORAS                        |                 | Maquinaria y equipo  |
| 6  | Impresión B de pedido  |          |                                | 7 HORAS         | Máquina de impresión |
|  | Prep. cortadora        | D        | 2 HORAS                        |                 | Ajuste de cortadora  |
|  | Efectuar corte         | D        |                                | 4 HORAS         | Guillotina           |
| <p><b>Resumen:</b><br/>                     Estación A = 5 HORAS<br/>                     Estación B = 10 HORAS<br/>                     Estación C = 9 HORAS<br/>                     Estación C = 6 HORAS</p> <div style="text-align: right; margin-top: 10px;">                         _____<br/>                         FIRMA                     </div> |                        |          |                                |                 |                      |

Fuente: elaboración propia.

Figura 71. Programación básica

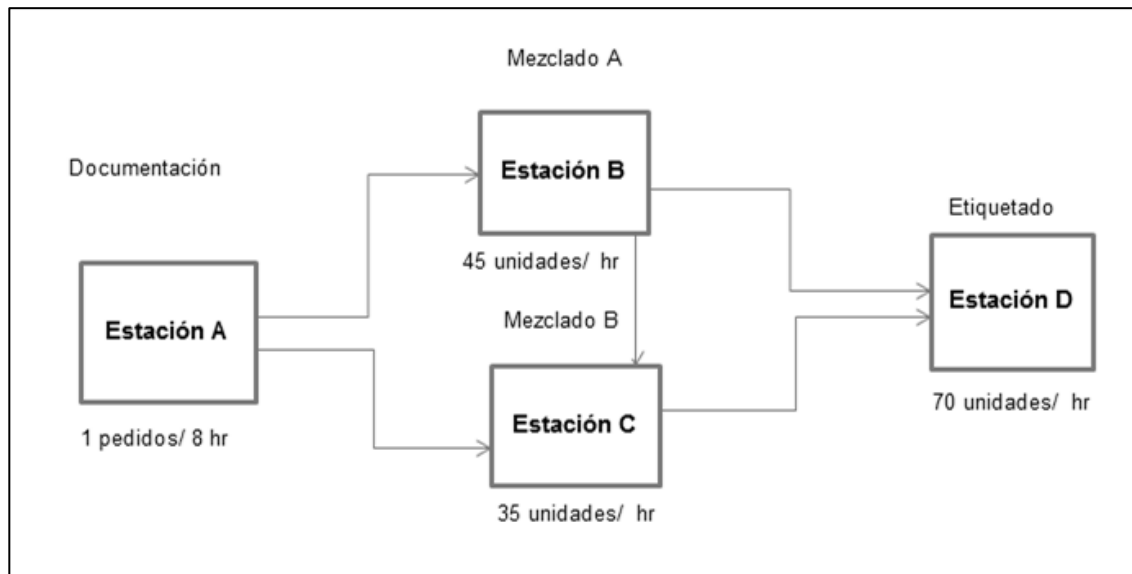


Fuente: elaboración propia.

- De acuerdo con la programación para la empresa, la producción iniciará el día lunes 5 de enero a las 8 hrs, laborando en jornada diurna especial, finalizando el día lunes 12 de enero de 2015.
- Caso práctico: en la planta piloto se le solicita un pedido de dos tipos de productos, cada tipo contiene un diseño específico de (aroma y colorante).

La información proporcionada es la siguiente:

Figura 72. **Proceso de producción, planta piloto**



Fuente: elaboración propia.

Tabla LXV. **Detalle de los pedidos planta piloto, producción intermitente**

| Pedido | Tipo de producto                | Unidades | Proceso de producción |
|--------|---------------------------------|----------|-----------------------|
| 1      | Desinfectante aroma cereza      | 10 000   | A-B-D                 |
| 2      | Jabón líquido aroma energizante | 8 000    | A-C-D                 |

Fuente: elaboración propia.

- Jornada laboral: diurna
- Fecha Inicio de producción: lunes 18 mayo de 2015



Desarrollar un plan de producción con base a la información proporcionada, para estimar la fecha de entrega de cada uno de los pedidos.

#### **2.5.5.4. Práctica 4. Planificación y control de inventarios**

Establecidos los pronósticos de demanda y ejecutado el plan de producción para fabricar la cantidad de productos requeridos, se procede a planificar la requisición de materias primas necesarias que serán transformadas en productos y/o servicios para que estén a disposición del departamento de ventas.

Una adecuada gestión de inventarios es fundamental para reducir los costos en una empresa, ya que la cantidad provisionada debe estar de acuerdo con el plan de producción para que, tanto en bodega como en almacén, no exista saturación de materiales que representen demasiado capital invertido que no está generando utilidad; por otro lado el *stock* en existencia debe ser el adecuado para que en un momento dado la producción no se detenga por falta de materia prima.

El manejo de materiales está íntimamente relacionado con los modelos de inventarios para la demanda dependiente e independiente; se utilizarán estos conceptos para determinar cuándo (tiempo) y cuánto (cantidad) se requiere materia prima, de tal forma que se optimice el *stock* de materiales al más bajo costo. Para desarrollar esta temática se utiliza el gráfico denominado diente de sierra, debido a la forma que adquiere este al momento de que se realiza la gráfica con la información.

- Herramientas a utilizar
  - Matriz de asignación: con esta técnica matemática se representan las cantidades planificadas para cada tipo de materia prima que va a ser utilizado en el proceso de producción; además utiliza esta técnica para presentar al final un cronograma con fechas específicas para poner órdenes de pedido y entrega de mercadería por parte de los distintos proveedores.
  - Técnicas de gestión de inventarios: se utiliza una combinación de modelos de manejo de inventarios, metodología relacionada con la investigación de operaciones, conceptos que se utilizan para estructurar el gráfico que contendrá toda la información en cuanto a niveles de reorden, *stock* de seguridad, Qóptimo, LTC, entre otros.
  - Relación de triángulos: técnica matemática para determinar valores desconocidos en cualquiera de las aristas de los triángulos.
  - Calculadora, lápiz, borrador, regla, hojas milimetradas y cuadrícula.
  
- Procedimiento de solución
  - Se establece previamente los pronósticos de producción para el periodo de tiempo que se desea trabajar.
  - Se determinan los rendimientos de las líneas de producción (por *batch*), asimismo los requerimientos de materia prima de cada uno de los componentes asociados a cada *batch* de producción.
  - Se investigan los historiales de intervalo de tiempo de entrega de los últimos pedidos de cada materia prima involucrada en la

- producción, los cuales deben coincidir con el ciclo de tiempo elegido. Los intervalos de tiempo se refieren al tiempo en que el proveedor tardó en entregar el material después de haber colocado el pedido.
- Se construye la matriz de asignación de las distintas materias primas por cada mes que compone el intervalo de tiempo a trabajar, estas cantidades son materia prima planificada.
  - Se determinan las distintas políticas ( $R_{NR}$ ,  $R_{SS}$ ,  $R_{NMax}$ ) con base en los historiales de entrega de producto por parte de los proveedores y con información actualizada de existencia de materia prima y cantidades planificadas de materiales, se calculan las distintas variables que le darán forma al gráfico del modelo de inventario determinístico.
  - Cuando ya se encuentre construido el gráfico con la información anterior, se utiliza la técnica matemática de realización de triángulos para determinar las fechas de puesta de pedido y recibo de materia prima en función de las cantidades de existencia y planificado para el periodo en cuestión.
  - Se elabora una matriz con la cantidad, fecha de puesta de pedido e ingreso a bodega de materia prima para cada material involucrado en el proceso de producción.
- Ejemplo práctico: “una compañía procesadora de alimentos, utiliza en uno de sus procesos de fabricación los siguientes materiales por *batch* de producción para cumplir con los requerimientos de demanda de producto terminado (en cajas) del periodo comprendido de enero a abril del 2011”.<sup>45</sup>

---

<sup>45</sup> TORRES, Sergio. *Control de la producción*. p. 140.

Tabla LXVI. **Pronósticos, compañía procesadora de alimentos I**

| <b>Mes</b> | <b>Pronóstico</b> |
|------------|-------------------|
| Enero      | 5 000 cajas       |
| Febrero    | 5 000 cajas       |
| Marzo      | 5 000 cajas       |
| Abril      | 5 000 cajas       |
| Total      | 20 000 cajas      |

Fuente: TORRES, Sergio. *Control de la producción*. p. 140.

Tabla LXVII. **Cantidad de materiales, compañía procesadora de alimentos**

| <b>Material</b> | <b>Cantidad/<i>batch</i></b> |
|-----------------|------------------------------|
| Azúcar          | 25 q                         |
| Colorante       | 7 libras                     |
| Sabor           | 2 galones                    |
| Preservante     | 2 libras                     |

Fuente: TORRES, Sergio. *Control de la producción*. p. 140.

Rendimiento: 1 *batch* = 200 cajas

Según registros de bodega y almacén, las existencias de los anteriores materiales al 31 de diciembre de 2010 se presentan a continuación:

Tabla LXVIII. **Existencia de materiales, compañía procesadora de alimentos**

| <b>Material</b> | <b>Cantidad</b> |
|-----------------|-----------------|
| Azúcar          | 2 000 qq        |
| Colorante       | 400 libras      |
| Sabor           | 90 galones      |

Continuación de la tabla LXVIII.

|             |            |
|-------------|------------|
| Preservante | 110 libras |
|-------------|------------|

Fuente: TORRES, Sergio. *Control de la producción*. p. 140.

Tabla LXIX. **Historial de entregas de pedido de los materiales por parte de proveedores, compañía procesadora de alimentos**

| Material    | 1er pedido | 2do pedido | 3er pedido | 4to pedido |
|-------------|------------|------------|------------|------------|
| Azúcar      | 1 mes      | 0,5 meses  | 0,8 meses  | 1,2 meses  |
| Colorante   | 0,7 meses  | 1,2 meses  | 0,9 meses  | 1 mes      |
| Sabor       | 1,3 meses  | 0,75 meses | 1,1 meses  | 1,2 meses  |
| Preservante | 0,9 meses  | 0,8 meses  | 0,5 meses  | 0,7 meses  |

Fuente: TORRES, Sergio. *Control de la producción*. p. 140.

Los valores para cada pedido corresponden al intervalo de tiempo que transcurrió desde la orden del pedido hasta el ingreso del producto a las bodegas de la empresa.

El periodo de evaluación es de cuatro meses, por tanto el ciclo será de 4.

La empresa desea que le presenten una planificación de manejo de materiales con las cantidades necesarias de materia prima que se necesitan para alimentar su línea de producción, asimismo, una calendarización para colocar ordenes de pedido y entrega de materiales.

- Requerimiento para cumplir el pronóstico de demanda (por mes):
  - Azúcar

$$\text{Enero} = (5\,000 \text{ cajas}) * (25 \text{ qq/batch}) * (1 \text{ batch}/200 \text{ cajas})$$

$$\text{Enero} = 625 \text{ qq}$$

$$\text{Febrero} = 500 \text{ qq}$$

$$\text{Marzo} = 750 \text{ qq}$$

$$\text{Abril} = 625 \text{ qq}$$

- **Colorante**

$$\text{Enero} = (5\,000 \text{ cajas}) * (7 \text{ lb/batch}) * (1 \text{ batch}/200 \text{ cajas})$$

$$\text{Enero} = 175 \text{ libras}$$

$$\text{Febrero} = 140 \text{ libras}$$

$$\text{Marzo} = 210 \text{ libras}$$

$$\text{Abril} = 175 \text{ libras}$$

- **Sabor**

$$\text{Enero} = (5\,000 \text{ cajas}) * (2 \text{ gl/batch}) * (1 \text{ batch}/200 \text{ cajas})$$

$$\text{Enero} = 50 \text{ galones}$$

$$\text{Febrero} = 40 \text{ galones}$$

$$\text{Marzo} = 60 \text{ galones}$$

$$\text{Abril} = 50 \text{ galones}$$

- **Preservante**

$$\text{Enero} = (5\,000 \text{ cajas}) * (2 \text{ lb/batch}) * (1 \text{ batch}/200 \text{ cajas})$$

$$= 50 \text{ libras}$$

$$\text{Febrero} = 40 \text{ libras}$$

$$\text{Marzo} = 60 \text{ libras}$$

$$\text{Abril} = 50 \text{ libras}$$

Tabla LXX. **Matriz de cantidades de materiales utilizadas en el ciclo de trabajo, compañía procesadora de alimentos**

| <b>Mes</b><br><b>Material</b> | <b>Enero</b> | <b>Febrero</b> | <b>Marzo</b> | <b>Abril</b> | <b>Total</b> |
|-------------------------------|--------------|----------------|--------------|--------------|--------------|
| Azúcar (qq)                   | 625          | 500            | 750          | 625          | 2 500        |
| Colorante (lb)                | 175          | 140            | 210          | 175          | 7            |
| Sabor (gl)                    | 50           | 40             | 60           | 50           | 200          |
| Preservante (lb)              | 50           | 40             | 60           | 50           | 200          |

Fuente: TORRES, Sergio. Control de la producción. p. 142.

- A través del análisis del historial de entregas de los últimos cuatro periodos, se calculan los valores de R para cada material:

- Azúcar

$$R_{NR} = (1 + 0,5 + 0,8 + 1,2)/4 = 0,875$$

$$R_{SS} = 1,2 - 0,875 = 0,325 \text{ meses}$$

$$R_{Nmax} = 5 \text{ meses}$$

- Colorante

$$R_{NR} = (0,7 + 1,2 + 0,9 + 1)/4 = 0,95$$

$$R_{SS} = 1,2 - 0,95 = 0,25 \text{ meses}$$

$$R_{Nmax} = 5 \text{ meses}$$

- Sabor

$$R_{NR} = (1,3 + 0,75 + 1,1 + 1,2)/4 = 1,09$$

$$R_{SS} = 1,3 - 1,09 = 0,21 \text{ meses}$$

$$R_{Nmax} = 5 \text{ meses}$$

- Preservante

$$R_{NR} = (0,9 + 0,8 + 0,5 + 0,7)/4 = 0,725$$

$$R_{SS} = 0,9 - 0,725 = 0,175 \text{ meses}$$

$$R_{Nmax} = 5 \text{ meses}$$

- Para cada material se calculan los valores de las variables para construir el gráfico modelo de inventario determinístico.

- Azúcar

$$S.S = (2\ 500/4) * 0,325 = 204 \text{ qq}$$

$$N.R = (2\ 500/4) * 0,875 = 547 \text{ qq}$$

$$N_{max} = (2\ 500/4) * 5 = 3\ 125 \text{ qq}$$

$$\text{Óptimo} = (2 * 204) + 547 = 955 \text{ qq}$$

$$\text{Existencia}_2 = 955 + 204 = 1\ 159 \text{ qq}$$

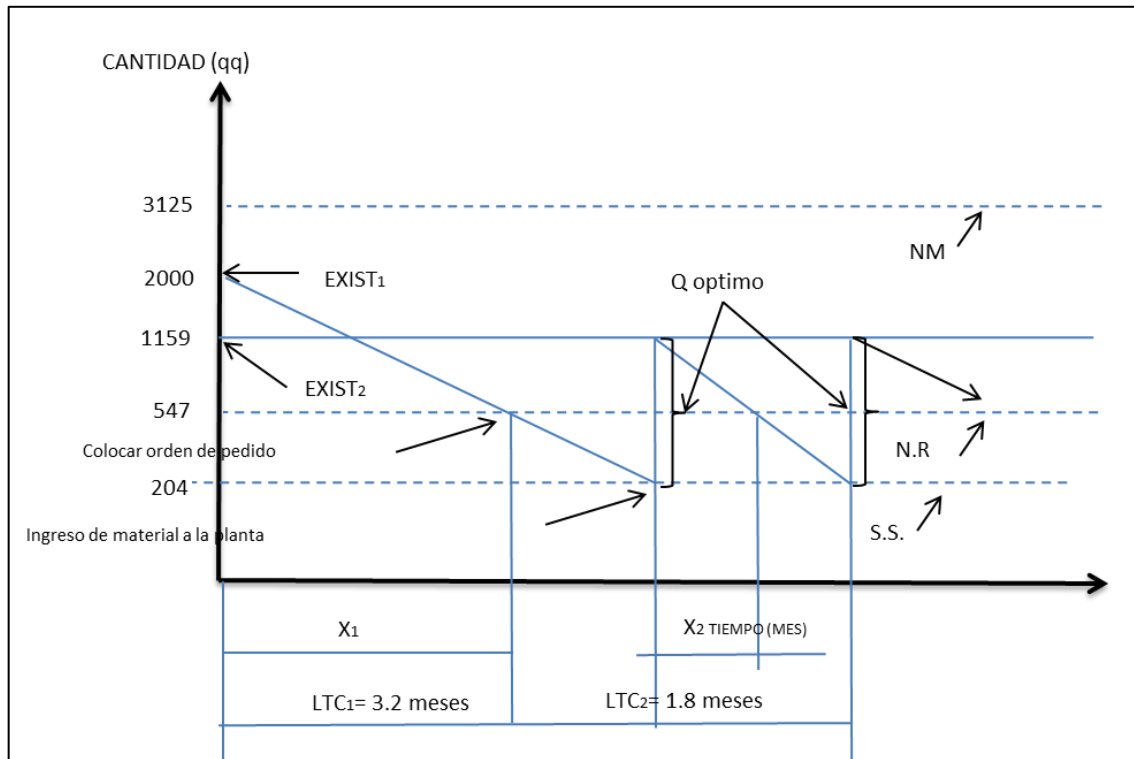
$$\text{Existencia}_1 = 2\ 000 \text{ qq}$$

$$LTC_1 = (2\ 000/2\ 500) * 4 = 3,2 \text{ meses}$$

$$LTC_2 = (1\ 159/2\ 500) * 4 = 1,85 \text{ meses}$$



Figura 73. Cuadro de control de materiales



Fuente: TORRES, Sergio. *Control de la producción*. p. 144.

Relación de triángulos:

$$3,2/1\ 796 = X_1/1\ 453$$

$$X_1 = \frac{(3,2)(1\ 453)}{1\ 796} = 2,5\ meses$$

$$1,85/955 = X_2/612$$

$$X_2 = \frac{(1,85)(612)}{955} = 1,1\ meses$$

- El resto de los materiales se calculan de igual forma
- Cronograma de ordenes e ingreso de pedidos

Tabla LXXI. **Cronograma de órdenes e ingresos de pedidos, azúcar**

| <b>Azúcar</b>    | <b>Enero</b> | <b>Febrero</b> | <b>Marzo</b>                | <b>Abril</b>               | <b>Mayo</b>               | <b>Junio</b>              |
|------------------|--------------|----------------|-----------------------------|----------------------------|---------------------------|---------------------------|
| Orden de pedido  |              |                | Martes 15 de marzo (Req #1) |                            | Lunes 09 de mayo (Req #2) |                           |
| Ingreso a bodega |              |                |                             | Martes 5 de abril (Req #1) |                           | Lunes 30 de mayo (Req #2) |
| Cantidad         |              |                |                             | 955                        |                           | 955                       |

Fuente: TORRES, Sergio. *Control de la producción*. p. 144.

Tabla LXXII. **Cronograma de órdenes e ingresos de pedidos, colorante**

| <b>Colorante</b> | <b>Enero</b> | <b>Febrero</b>                | <b>Marzo</b>                | <b>Abril</b>               | <b>Mayo</b>               | <b>Junio</b>                |
|------------------|--------------|-------------------------------|-----------------------------|----------------------------|---------------------------|-----------------------------|
| Orden de pedido  |              | Jueves 10 de febrero (Req #1) | Martes 29 de marzo (Req #2) |                            | Lunes 16 de mayo (Req #3) |                             |
| Ingreso a bodega |              |                               | Jueves 03 de marzo (Req #1) | Lunes 25 de abril (Req #1) |                           | Martes 14 de junio (Req #3) |
| Cantidad         |              |                               | 255                         | 255                        |                           | 255                         |

Fuente: elaboración propia.

Tabla LXXIII. **Cronograma de órdenes e ingresos de pedidos, sabor**

| Sabor            | Enero                       | Febrero                       | Marzo                      | Abril                       | Mayo                        | Junio |
|------------------|-----------------------------|-------------------------------|----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|-------|
| Orden de pedido  | Jueves 20 de enero (Req #1) |                               | Lunes 14 de marzo (Req #2) |                             | Lunes 2 de mayo (Req #3)    |       |
| Ingreso a bodega |                             | Martes 22 de febrero (Req #1) |                            | Viernes 8 de abril (Req #2) | Viernes 27 de mayo (Req #3) |       |
| Cantidad         |                             | 77                            |                            | 77                          | 77                          |       |

Fuente: elaboración propia.

Tabla LXXIV. **Cronograma de órdenes e ingresos de pedidos, preservante**

| Preservante      | Enero | Febrero                      | Marzo                        | Abril                       | Mayo                       | Junio                       |
|------------------|-------|------------------------------|------------------------------|-----------------------------|----------------------------|-----------------------------|
| Orden de pedido  |       | Lunes 14 de febrero (Req #1) | Viernes 18 de marzo (Req #2) | Martes 26 de abril (Req #3) | Jueves 26 de mayo (Req #4) |                             |
| Ingreso a bodega |       |                              | Viernes 4 de marzo (Req #1)  | Viernes 8 de abril (Req #2) | Jueves 12 de mayo (Req #3) | Jueves 26 de junio (Req #4) |
| Cantidad         |       |                              | 55                           | 55                          | 55                         | 55                          |

Fuente: elaboración propia.

Caso práctico: una empresa productora de artículos del hogar, utiliza en uno de sus procesos de fabricación los siguientes materiales por *batch* de

producción para cumplir con los requerimientos de demanda de producto terminado (en cajas) del periodo comprendido de julio a octubre 2014.

Tabla LXXV. **Pronósticos, compañía procesadora de alimentos II**

| <b>Mes</b> | <b>Pronóstico</b> |
|------------|-------------------|
| Julio      | 2 000 cajas       |
| Agosto     | 2 000 cajas       |
| Septiembre | 2 000 cajas       |
| Octubre    | 2 000 cajas       |
| Total      | 8 000 cajas       |

Fuente: elaboración propia.

Tabla LXXVI. **Cantidad de materiales, empresa productora de artículos del hogar**

| <b>Material</b>      | <b>Cantidad/batch</b> |
|----------------------|-----------------------|
| Propilenglicol       | 20 galones            |
| Nonilfenol           | 15 galones            |
| Alcohol Isopropílico | 20 galones            |
| Aroma                | 25 galones            |
| Colorante            | 10 galones            |

Fuente: elaboración propia.

Rendimiento: 1 *batch* = 20 galones

Según registros de bodega y almacén, las existencias de los anteriores materiales al 30 de junio del 2014 son los siguientes:

**Tabla LXXVII. Existencia de materiales, empresa productora de artículos del hogar**

| <b>Material</b>      | <b>Cantidad</b> |
|----------------------|-----------------|
| Propilenglicol       | 35 galones      |
| Nonilfenol           | 37 galones      |
| Alcohol isopropílico | 30 galones      |
| Aroma                | 22 galones      |
| Colorante            | 12 galones      |

Fuente: elaboración propia.

**Tabla LXXVIII. Historial de entregas de pedido de los materiales por parte de proveedores, empresa productora de artículos del hogar**

| <b>Material</b>      | <b>1er pedido</b> | <b>2do pedido</b> | <b>3er pedido</b> | <b>4to pedido</b> |
|----------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|
| Propilenglicol       | 0,2 meses         | 0,2 meses         | 0,25 meses        | 1 mes             |
| Nonilfenol           | 0,3 meses         | 0,2 meses         | 0,4 meses         | 0,3 meses         |
| Alcohol isopropílico | 0,3 meses         | 0,5 meses         | 0,6 meses         | 0,4 meses         |
| Aroma                | 0,6 meses         | 0,4 meses         | 0,5 meses         | 0,6 meses         |
| Colorante            | 0,5 meses         | 0,2 meses         | 0,3 meses         | 0,5 meses         |

Fuente: elaboración propia.

Los valores para cada pedido corresponden al intervalo de tiempo que transcurrió desde la orden del pedido hasta el ingreso del producto a las bodegas de la empresa.

El periodo de evaluación es de cuatro meses, por tanto el ciclo será de 4.

La empresa desea que le presenten una planificación de manejo de materiales con las cantidades necesarias de materia prima que se necesitan para alimentar su línea de producción; asimismo una calendarización para colocar órdenes de pedido y entrega de materiales.

#### **2.5.5.5. Práctica 5. Programación de la producción**

La programación de producción determina con exactitud los tiempos y las propiedades que debe asignar a los distintos pedidos y su orden de ejecución en cada una de las máquinas o estaciones por las cuales van a ser procesadas las órdenes de trabajo (pedidos). Los desperfectos en las máquinas, el ausentismo, los problemas de calidad, la falta de materiales y otros factores, complican la buena programación de actividades. La técnica correcta de programación depende del volumen de pedidos, de la naturaleza de las operaciones y de la complejidad general de los trabajos, así como de la importancia que se le da a cada uno de los siguientes criterios: minimización del tiempo de terminación, maximización de la utilidad, minimización del trabajo en curso y del tiempo de espera de los clientes.

Estos cuatro criterios son los que se utilizan en el sector industrial para evaluar la eficiencia de la programación. Además, los buenos métodos de programación deben ser simples, claros, fáciles de comprender y de llevar a cabo, flexibles y realistas. La programación implica asignar fechas de entrega para trabajos concretos, pero muchos de estos trabajos compiten simultáneamente por los mismos recursos, de tal forma que se toman en cuenta los ritmos de producción (eficiencia) de las máquinas participantes dentro del proceso.

- Regla de Johnson: es un método para minimizar el tiempo de procesamiento para programar la secuencia de un grupo de trabajos en dos centros de trabajo (departamentos) a la vez que minimiza el tiempo muerto total en los centros de fabricación.
- El caso especial (N/2), quiere decir que se pueden ejecutar N órdenes en dos centros de trabajo, que deben pasar a través de estos como parte de la secuencia de producción.

El objetivo de este método es minimizar el tiempo de tránsito desde el comienzo del primer trabajo hasta el final del último; es decir, es la asignación óptima para los centros de trabajo en la cual los tiempos muertos son mínimos.

El método de Johnson se extendió para que diera solución óptima para el caso (N/3) de tres centros de trabajo. Cuando surgen problemas de programación del tránsito en la planta mayores que N/3, no se cuenta con procedimientos analíticos que lleven a la solución óptima; esto se da a pesar de que los trabajos lleguen estáticamente a la primera máquina; el problema de programación se convierte en dinámico y comienzan a formarse colas en las siguientes máquinas. En este punto se transforma en un problema de formación de colas de varias fases, que de ordinario se resuelve mediante técnicas de simulación.

- Herramientas a utilizar
  - Enlistar en un cuadro los tiempos de ejecución de los N trabajos en los dos centros de trabajo, respetando el orden jerárquico de ejecución de ambos (precedencia).

- Especificar los centros de trabajo en que se efectuará la evaluación de la regla de Johnson.
- Tabular los datos y aplicar los pasos de solución que requiere el método.
- Procedimiento de solución
  - Se debe hacer una lista de todos los trabajos, mostrando el tiempo que tarda cada uno en ser procesado en un centro de trabajo (máquina).
  - Se selecciona el trabajo que requiere menos tiempo de actividad. Si el menor tiempo corresponde a la primera máquina, el trabajo se programa primero. Si el menor tiempo corresponde a la segunda máquina, el trabajo se programa de último. Los empates en los tiempos de actividad se pueden romper de forma arbitraria.
  - Una vez que el trabajo esté programado se elimina de la lista.
  - Seguir el segundo y tercer paso para los trabajos restantes, trabajando hacia el centro de la secuencia.
  - Se calcula el tiempo total del ciclo que requiere la programación de estos N trabajos en los dos centros de trabajo.
- Ejemplo práctico: “el taller industrial El Pistón tiene cinco órdenes de trabajo que procesar en dos distintas máquinas-herramientas (taladro y torno). El tiempo para procesar cada orden es la siguiente”.<sup>46</sup>

---

<sup>46</sup> TORRES, Sergio. *Control de la producción*. p. 159.



Tabla LXXIX. **Tiempo de procesar órdenes de trabajo**

| Orden de trabajo | Centro de trabajo 1<br>(taladro)<br>horas | Centro de trabajo 2<br>(torno)<br>horas |
|------------------|---|---|
| A                | 5   | 2                                       |
| B                | 3   | 6                                       |
| C                | 8   | 4                                       |
| D                | 10  | 7                                       |
| E                | 7   | 12                                      |

Fuente: TORRES, Sergio. *Control de la producción*. p. 159.

Se desea establecer una secuencia que minimice el tiempo total del procesamiento de las cinco órdenes de trabajo aplicando la regla de Johnson.

- Paso 1: los tiempos de ejecución de cada orden de trabajo en las dos máquinas se muestran en la tabla anterior.
- Paso 2: el trabajo con el tiempo de procesamiento más corto es A (en el centro de trabajo 2, con un tiempo de 2 horas). Como el tiempo de procesamiento más corto está en el segundo centro, A se programa al final de la secuencia de producción (A se elimina de la lista).

Tabla LXXX. **Paso 2, método de Johnson**

|  |  |  |  |   |
|--|--|--|--|---|
|  |  |  |  | A |
|--|--|--|--|---|

Fuente: TORRES, Sergio. *Control de la producción*. p. 160.

- Paso 3: el trabajo B tiene el siguiente tiempo más corto (3 horas). Como este está en el primer centro de trabajo, se programa al principio de la secuencia y se elimina la lista.

Tabla LXXXI. **Paso 3, método de Johnson**

|   |  |  |  |   |
|---|--|--|--|---|
| B |  |  |  | A |
|---|--|--|--|---|

Fuente: TORRES, Sergio. *Control de la producción*. p. 160.

- Paso 4: el siguiente tiempo más corto corresponde al trabajo C (4 horas) en la segunda máquina. Por lo tanto, se coloca lo más tarde posible.

Tabla LXXXII. **Paso 4, método de Johnson**

|   |  |  |   |   |
|---|--|--|---|---|
| B |  |  | C | A |
|---|--|--|---|---|

Fuente: TORRES, Sergio. *Control de la producción*. p. 160.

- Paso 5: existe un empate de 7 horas en el siguiente trabajo más corto. Se puede colocar E, cuyo tiempo de procesamiento más corto estaba en el primer centro de trabajo, lo más pronto posible (después de B) para luego dejar al trabajo D en la posición restante del centro de la secuencia de producción.

Tabla LXXXIII. **Paso 5, método de Johnson**

|   |   |   |   |   |
|---|---|---|---|---|
| B | E | D | C | A |
|---|---|---|---|---|

Fuente: TORRES, Sergio. *Control de la Producción*. p. 161.

- Paso 6: los tiempos de la secuencia (B-E-D-C-A) para cada centro de trabajo se detallan a continuación:

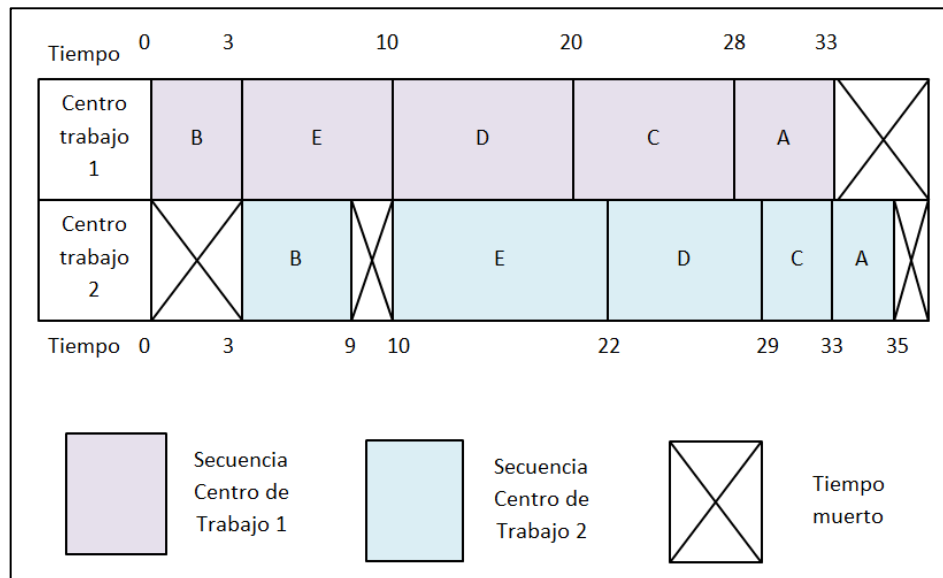
Tabla LXXXIV. **Paso 6, secuencia para cada centro de trabajo, método de Johnson**

|                     |   |    |    |   |   |
|---------------------|---|----|----|---|---|
| Centro de trabajo 1 | 3 | 7  | 10 | 8 | 5 |
| Centro de trabajo 2 | 6 | 12 | 7  | 4 | 2 |

Fuente: TORRES, Sergio. *Control de la producción*. p. 161.

- Paso 7: se dibuja el flujo con las fases de tiempo de la secuencia de producción para determinar el tiempo de duración del ciclo.

Figura 74. **Tiempo de duración del ciclo**



Fuente: TORRES, Sergio. *Control de la producción*. p. 161.

- Duración del ciclo: 35 horas, con la terminación de la orden de trabajo A en máquina 2.
- El centro de trabajo 2 tendrá que esperar 3 horas su primer trabajo y también una hora después de terminar con la orden de trabajo B.
- Tiempo muerto que la máquina o centro de trabajo espera para procesar órdenes de trabajo.

Caso práctico: en la planta piloto se tiene cinco órdenes de trabajo que deben procesarse en dos distintas máquinas-herramientas (mezcladora 1 y mezcladora 2). El tiempo para procesar cada orden es la siguiente:

Tabla LXXXV. **Tiempo de procesar órdenes de trabajo**

| <b>Orden de trabajo</b> | <b>Centro de trabajo 1<br/>(mezcladora 1)<br/>horas</b> | <b>Centro de trabajo 2<br/>(mezcladora 2)<br/>horas</b> |
|-------------------------|---|---|
| A                       | 1   | 1   |
| B                       | 2   | 2   |
| C                       | 3   | 2   |
| D                       | 5   | 4   |

Fuente: elaboración propia.

Se desea establecer una secuencia que minimice el tiempo total del procesamiento de las cinco órdenes de trabajo, aplicando la regla de Johnson.

### **2.5.5.6. Práctica 6. Teoría de restricciones**

En la década de los 80, los fabricantes se dieron cuenta que ya no programaban ni controlaban adecuadamente sus existencias y recursos productivos, es entonces cuando el Dr. Eliyahu Goldratt y sus colaboradores

desarrollan un software de computación que programaba los trabajos mediante procesos de manufactura tomando en cuenta limitaciones de instalaciones, máquinas, personal, herramientas, materiales y todo tipo de recursos productivos que afectan la capacidad de una organización.

Es de esta forma que nace la “Cadena de las restricciones” también denominada “Teoría de las limitaciones”, la que cual se basa en las relaciones causa/efecto para comprender lo que sucede en los puntos limitantes que restringen la producción de bienes o servicios; estos puntos limitantes son los denominados cuellos de botella.

El Dr. Goldratt, trata de establecer un punto de vista distinto al utilizado hasta ese entonces, enfocándose en responder a la cuestión básica de toda empresa: ¿Cuál es el objetivo o meta real de una organización? Por supuesto, generar dinero. ¿Cómo? A través de la compra de materia prima (inversión) para transformarla agregándole valor (gastos operativos) en productos y servicios (producción) que pueden ser vendidos (ingresos) a un determinado mercado objetivo, satisfaciendo las expectativas generadas por los clientes consumidores.

- Conceptos relativos a la teoría de las restricciones:
  - Cuello de botella: es una restricción en el sistema que limita la producción, ya que la demanda sobrepasa su capacidad. Un cuello de botella puede ser una máquina, falta de trabajadores capacitados o una herramienta especial.
  - Capacidad: se define como el tiempo disponible para la producción. Aquí se excluyen mantenimientos y otros tiempos sin trabajar.

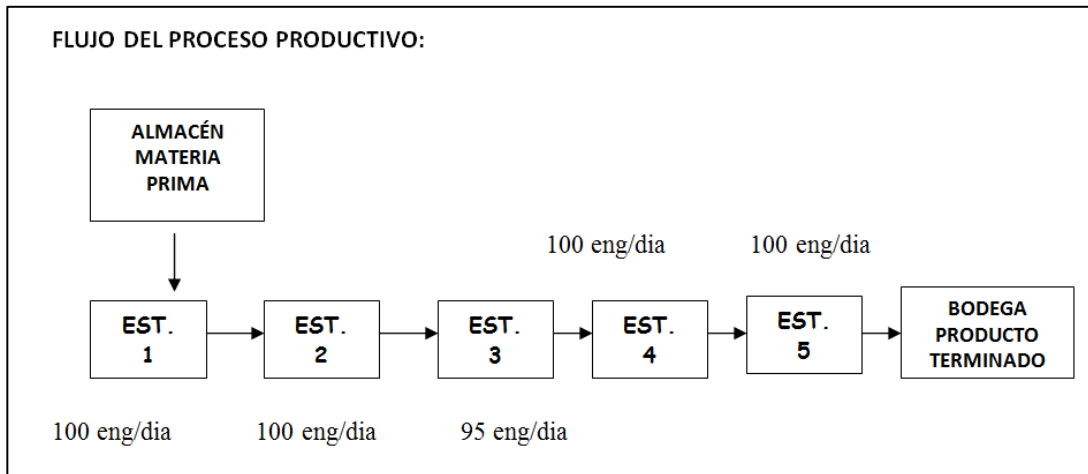
- Canal despejado: también denominado “no cuello de botella”, es todo recurso cuya capacidad es mayor que la demanda que se le impone. Por lo tanto, un canal despejado no debe trabajar de continuo, ya que se produciría más de lo que se necesita; un canal despejado incluye tiempo ocioso.
- Recurso restringido por la capacidad: es aquel cuya utilización está cerca de su capacidad y podría convertirse en un cuello de botella si no se programa con cuidado.
- Enfoque sistemático de teoría de restricciones:
  - Identificar las restricciones del sistema: no es posible implementar mejoras si no se encuentra la restricción o el eslabón débil de la cadena.
  - Decidir cómo aprovechar las restricciones del sistema: que las restricciones sean lo más efectivas posibles; en este paso tomar decisiones sin invertir dinero extra en recursos.
  - Subordinar todo a esa decisión: articular el resto del sistema para que apoye las restricciones, incluso si esto reduce la eficiencia de los recursos no restringidos.
  - Elevar las restricciones del sistema: si la producción todavía es inadecuada, adquirir más de este recurso para que deje de ser una restricción, es decir, invertir dinero en recursos para incrementar la producción.
  - Si en las etapas previas se elimina una restricción, volver al primer paso para trabajar en forma permanente con las nuevas restricciones que se manifiesten.

- Reglas de Goldratt para programar la producción:
  - No equilibrar la capacidad, equilibrar el ritmo.
  - El grado de aprovechamiento de un recurso que “no” se atasca no está determinado por su potencial, sino por otra restricción del sistema.
  - No es lo mismo el aprovechamiento que la activación de un recurso.
  - Una hora perdida en un cuello de botella es una hora perdida para todo el sistema.
  - Una hora ahorrada en un cuello de botella es una ilusión.
  - Los cuellos de botella gobiernan la producción y las existencias del sistema.
  - El lote de transferencia no siempre es, ni debe ser, igual al lote de proceso.
  - Un lote de proceso debe variar tanto en la ruta como en el tiempo.
  - Para fijar prioridades hay que examinar las restricciones del sistema. El tiempo de espera es un derivado de la programación.
  
- Ejemplo práctico: “línea de producción: la bodega de materia prima alimenta con materiales a la primera estación. Las operaciones que componen el proceso de producción son sucesos dependientes, es decir, para ejecutar la actividad 2, la actividad 1 debe estar terminada, la 3 al concluir la 2, y así sucesivamente hasta llegar a la estación 5 que es la última operación del proceso; después de esta actividad, los engranajes son almacenados en la bodega de producto terminado”.<sup>47</sup>

---

<sup>47</sup> TORRES, Sergio. *Control de la producción*. p. 178.

Figura 75. Flujo del proceso productivo, cadena de restricciones



Fuente: TORRES, Sergio. *Control de la producción*. p. 178.

Almacén de materia prima: trozos de metal de aleación acero-carbono listas para ser procesadas en estación, según orden de producción.

- Estación 1: cepillo, devanado circular de pieza.
- Estación 2: torno, formación de dientes exteriores.
- Estación 3: esmeril, limpieza de viruta en pieza y formación de ángulos sesgado en dientes exteriores.
- Estación 4: taladro, perforación de agujero interior.
- Estación 5: fresadora, formación de estrías interiores como guía de eje selectivo.

Bodega de producto terminado: almacenamiento de engranajes listos para ser despachados según orden de pedido de ventas.

Probabilidad de fallas al día: 6



Ventas a la semana: 500 engranajes  
 Gastos de operación semanal: Q 250 000,00  
 Costo de inventario por unidad: Q 600,00  
 Precio de venta por unidad: Q 100,00  
 Reposición de unidades en amortiguador: Q 700,00

Según la figura, el cuello de botella se encuentra en la estación de trabajo número 3, por lo que se procede a instalar dos amortiguadores.

Los amortiguadores cuentan cada uno con 6 engranajes semiprocesados ya que es la más alta probabilidad de fallas que se tiene registrado en la línea de producción.

Tabla LXXXVI. **Fallas ocurridas en la semana**

|            | <b>Lunes</b> | <b>Martes</b> | <b>Miércoles</b> | <b>Jueves</b> | <b>Viernes</b> |
|------------|--------------|---------------|------------------|---------------|----------------|
| Estación 1 | 5            | 3             | 2                | 1             | 3              |
| Estación 2 | 2            | 3             | 5                | 2             | 1              |
| Estación 3 | 1            | 4             | 1                | 4             | 2              |
| Estación 4 | 1            | 4             | 1                | 3             | 3              |
| Estación 5 | 2            | 2             | 1                | 2             | 1              |

Fuente: TORRES, Sergio. *Control de la producción*. p. 180.

Analizando la rentabilidad de la línea de producción trabajando con un sistema de restricciones con base en la tabla anterior se obtiene:

Tabla LXXXVII. **Restricciones en la línea de producción, lunes**

| <b>Máquinas</b> | <b>1</b> | <b>2</b> | <b>3</b> | <b>4</b> | <b>5</b> |
|-----------------|----------|----------|----------|----------|----------|
| Eficiencia      | 100      | 100      | 95       | 100      | 100      |

Continuación de la tabla LXXXVII.

|                      |     |    |       |    |    |
|----------------------|-----|----|-------|----|----|
| Recibido             | 100 | 95 | 95    | 95 | 95 |
| Fallas               | 5   | 2  | 1     | 1  | 2  |
| Productivo           | 95  | 95 | 94+1  | 95 | 95 |
| Inventario           | 5   | 0  | 1     | 0  | 0  |
| Ajuste/amortiguador  | 0   | 0  | Q 700 | 0  | 0  |
| Paro de otra máquina | 95  | 95 | 95    | 95 | 95 |
| Costo/reposición     | 0   | 0  | 0     | 0  | 0  |

Fuente: TORRES, Sergio. *Control de la producción*. p. 180.

Se envía información a bodega de materia prima (94 unidades) para que solo libere el material suficiente a lo que produjo el cuello de botella (ROPE). Quedan 5 unidades de inventario en máquina 1 y 1 unidad en maquina 3, así como se tiene que reponer una pieza del amortiguador (Q 700) que se toma para completar la producción del cuello de botella.

Tabla LXXXVIII. **Restricciones en la línea de producción, martes**

| <b>Máquinas</b>      | <b>1</b> | <b>2</b> | <b>3</b> | <b>4</b> | <b>5</b> |
|----------------------|----------|----------|----------|----------|----------|
| Eficiencia           | 100      | 100      | 95       | 100      | 100      |
| Recibido             | 94+5     | 97       | 97       | 95       | 95       |
| Fallas               | 3        | 3        | 4        | 4        | 2        |
| Productivo           | 97       | 97       | 91+4     | 95       | 95       |
| Inventario           | 2        | 0        | 1+6      | 0        | 0        |
| Ajuste/amortiguador  | 0        | 0        | Q 2800   | 0        | 0        |
| Paro de otra máquina | 97       | 97       | 95       | 95       | 95       |
| Costo/reposición     | 0        | 0        | 0        | 0        | 0        |

Fuente: TORRES, Sergio. *Control de la producción*. p. 181.

La máquina 1 tiene el día martes fallas que le impiden producir 3 unidades, sin embargo, la capacidad es de 100 unidades, por lo que la capacidad de producción se reduce a 97 unidades; por lo tanto el almacén de materia prima libera materiales solo para producir 94 unidades que fue la producción del día lunes en el cuello de botella más 5 unidades que se tienen en inventario de proceso suma 99 unidades a producir; sin embargo, solo se producen 97 unidades y deja para el día miércoles 2 unidades de existencia en la sección de inventarios. Se quedan 7 unidades en inventario para el día miércoles y hay que reponer 4 piezas del amortiguador con un costo de reposición de Q 2 800.

Tabla LXXXIX. **Restricciones en la línea de producción, miércoles**

| <b>Maquinas</b>      | <b>1</b> | <b>2</b> | <b>3</b> | <b>4</b> | <b>5</b> |
|----------------------|----------|----------|----------|----------|----------|
| Eficiencia           | 100      | 100      | 95       | 100      | 100      |
| Recibido             | 91+2     | 93       | 95       | 95       | 95       |
| Fallas               | 2        | 5        | 1        | 1        | 1        |
| Productivo           | 93       | 95       | 94+1     | 95       | 95       |
| Inventario           | 0        | 0        | 7+1      | 0        | 0        |
| Ajuste/Amortiguador  | 0        | 0        | Q 700    | 0        | 0        |
| Paro de otra maquina | 93       | 95       | 95       | 95       | 95       |
| Costo/reposición     | 0        | 0        | 0        | 0        | 0        |

Fuente: TORRES, Sergio. *Control de la producción*. Pág. 181.

El día miércoles la máquina 1 recibe materiales para fabricar 91 unidades + 2 unidades que se tienen en inventario fabricando un total de 93 unidades dejando en 0 las unidades de inventario. El cuello de botella recibe 95 unidades de la máquina Núm. 4 pero tiene retrasos que no le permiten producir 1 unidad, por lo que el inventario en el cuello de botella suma 8 unidades en total y se debe sustituir 1 unidad del amortiguador.

Tabla XC. **Restricciones en la línea de producción, jueves**

| <b>Máquinas</b>      | <b>1</b> | <b>2</b> | <b>3</b> | <b>4</b> | <b>5</b> |
|----------------------|----------|----------|----------|----------|----------|
| Eficiencia           | 100      | 100      | 95       | 100      | 100      |
| Recibido             | 94       | 94       | 94       | 95       | 95       |
| Fallas               | 1        | 2        | 4        | 3        | 2        |
| Productivo           | 94       | 94       | 91+4     | 95       | 95       |
| Inventario           | 0        | 0        | 8+4      | 0        | 0        |
| Ajuste/Amortiguador  | 0        | 0        | Q 2800   | 0        | 0        |
| Paro de otra maquina | 94       | 94       | 95       | 95       | 95       |
| Costo/reposición     | 0        | 0        | 0        | 0        | 0        |

Fuente: TORRES, Sergio. *Control de la producción*. p. 182.

Tabla XCI. **Restricciones en la línea de producción, viernes**

| <b>Maquinas</b>      | <b>1</b> | <b>2</b> | <b>3</b> | <b>4</b> | <b>5</b> |
|----------------------|----------|----------|----------|----------|----------|
| Eficiencia           | 100      | 100      | 95       | 100      | 100      |
| Recibido             | 91       | 91       | 91+2     | 95       | 95       |
| Fallas               | 3        | 1        | 2        | 3        | 1        |
| Productivo           | 91       | 91       | 93       | 95       | 95       |
| Inventario           | 0        | 0        | 12-2=10  | 0        | 0        |
| Ajuste/Amortiguador  | 0        | 0        | Q 1400   | 0        | 0        |
| Paro de otra maquina | 91       | 91       | 95       | 95       | 95       |
| Costo/reposición     | 0        | 0        | 0        | 0        | 0        |

Fuente: TORRES, Sergio. *Control de la producción*. p. 182.

Producción entregada a la bodega de producto terminado: 475 unidades

Costo por reposición/amortiguador: Q 8 400,00

Costo por generación de inventario: Q 600\*10 = Q 6 000,00

Utilidad: ventas - gastos de operación

Utilidad: (475 unidades \* Q 1 000) - (250 000) = Q 225 000,00

Rentabilidad: Q 225 000/(Q 250 000+Q 14 400) = 0,85

Conclusión: por cada quetzal que se invierte en el negocio se gana Q 0,85 en utilidades netas.

- Caso práctico
  - Realizar un análisis de la planta piloto de producción, analizando la secuencia del flujo de proceso productivo para determinar la cantidad de productos fabricados por estación.
  - Describir el proceso por estaciones de trabajo.
  - Analizar por medio del encargado del laboratorio los datos recientes de las fallas ocurridas en la planta piloto.

#### **2.5.6. Prácticas de ingeniería de la producción**

Por medio de la práctica el estudiante aprende los métodos de planificación, diseño y control de procesos de producción.

##### **2.5.6.1. Diseño de sistemas de producción**




Cuando se desea crear, ampliar, mejorar, incorporar nuevos métodos de trabajo, se debe de analizar la línea de producción, se evalúan tres aspectos importantes: la capacidad, la tecnología y la organización del proceso. Con base en esto se procede a diseñar el proceso y a establecer el producto a la venta y las instalaciones físicas de la planta.

En el diseño del sistema de producción se trabajan los diagramas de flujo, operaciones y recorrido del proceso, así como el balance de líneas de producción.

### 2.5.6.1.1. Práctica 1. Diagrama de operaciones del proceso

“El diagrama muestra la secuencia cronológica de todas las operaciones que son necesarias para producir diferentes productos que se fabrican en una fábrica o taller, inspecciones, márgenes de tiempo y materiales necesarios, abarcando desde la llegada de la materia prima y material de empaque hasta el empaque del producto final”.<sup>48</sup>

Tabla XCII. **Símbolos para utilizar en diagrama de operaciones**

| Actividad           | Símbolo   | Función  |
|---------------------|---|--|
| Operación           |   | Se usa para indicar que se realiza una operación, método o procedimiento.      |
| Inspección          |  | Se verifica calidad y cantidad de un trabajo.                                  |
| Operación Combinada |  | Indica cuando se está llevando a cabo una operación y a la vez se inspecciona. |

Fuente: TORRES, Sergio. Ingeniería de plantas. p. 118.

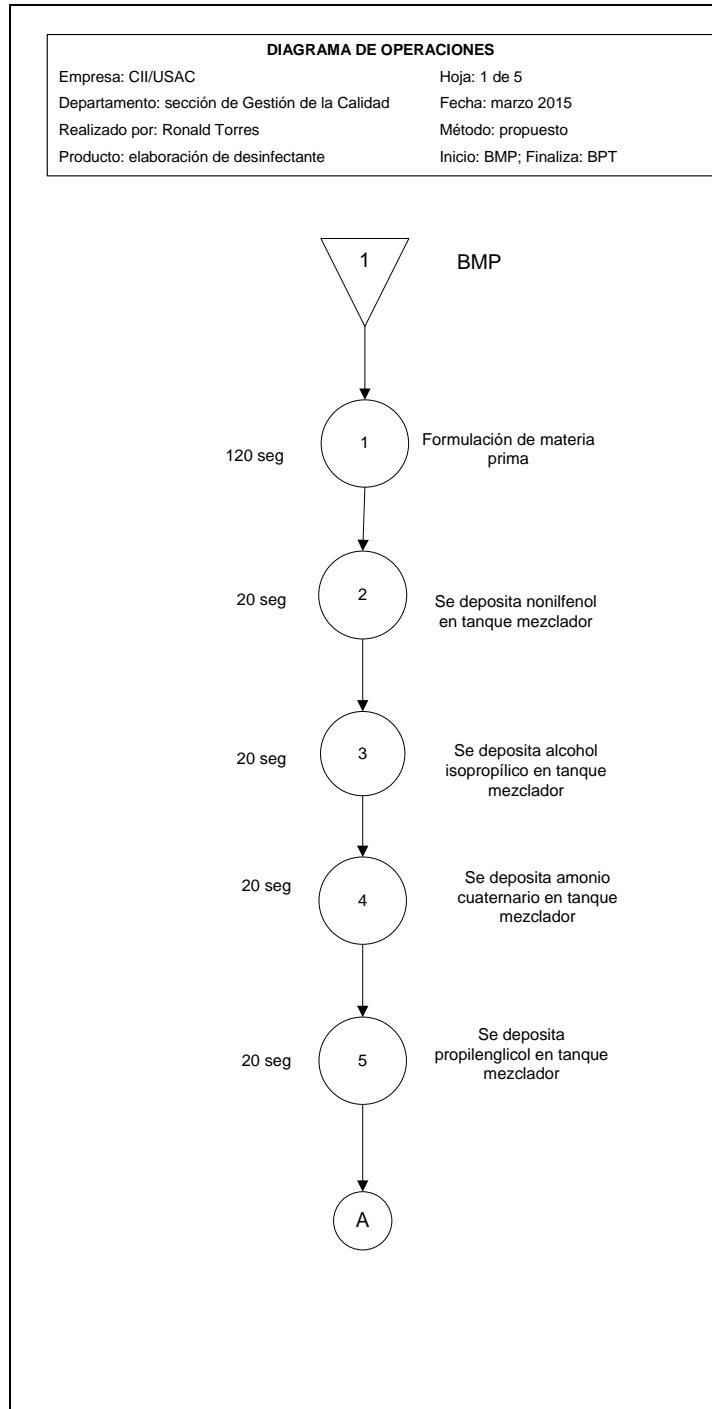
Figura 76. **Encabezado diagrama de operaciones**

| <b>DIAGRAMA DE OPERACIONES DEL PROCESO</b> |                             |
|--|-----------------------------|
| Empresa:                                   | Hoja:                       |
| Departamento:                              | Fecha:                      |
| Realizado por:                             | Método:                     |
| Producto:                                  | Inicio: ____ Finaliza: ____ |

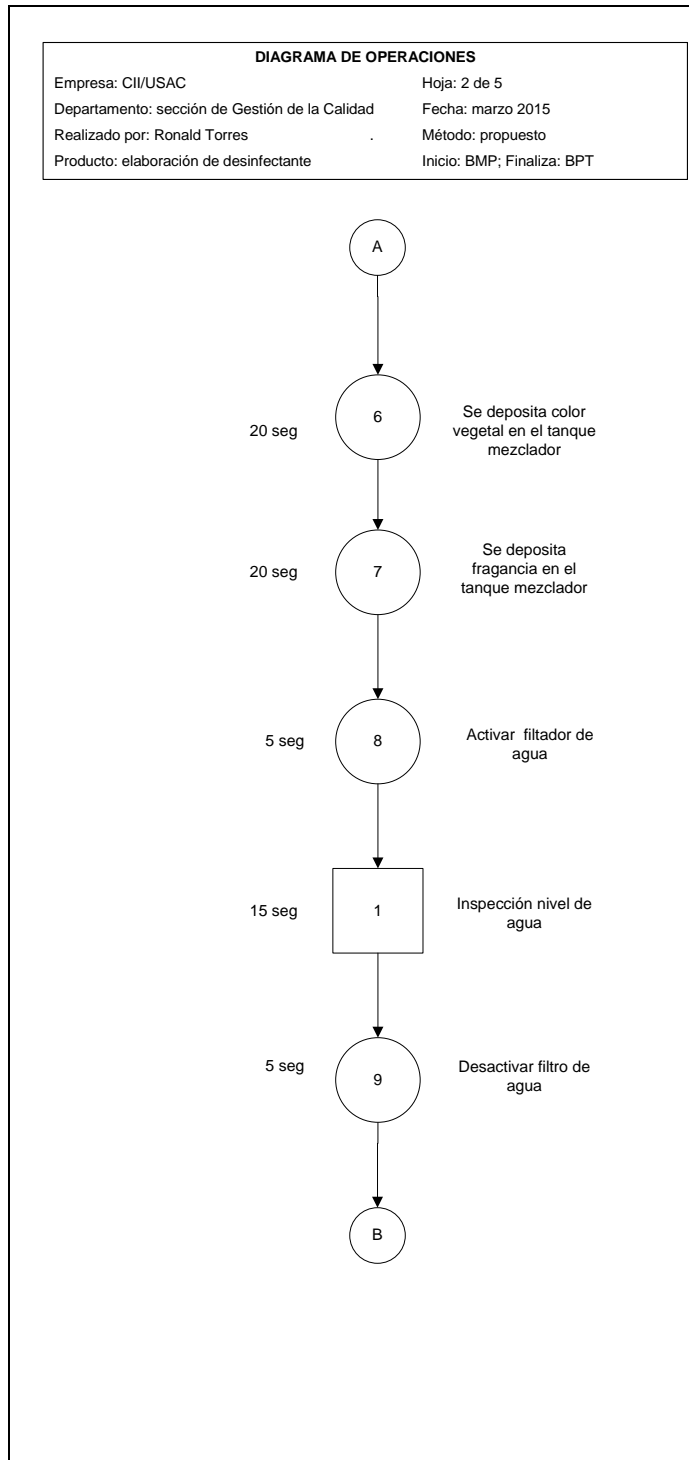
Fuente: elaboración propia.

<sup>48</sup> TORRES, Sergio. *Ingeniería de plantas*. p. 118.

Figura 77. **Diagrama de operaciones, proceso de producción de desinfectante**

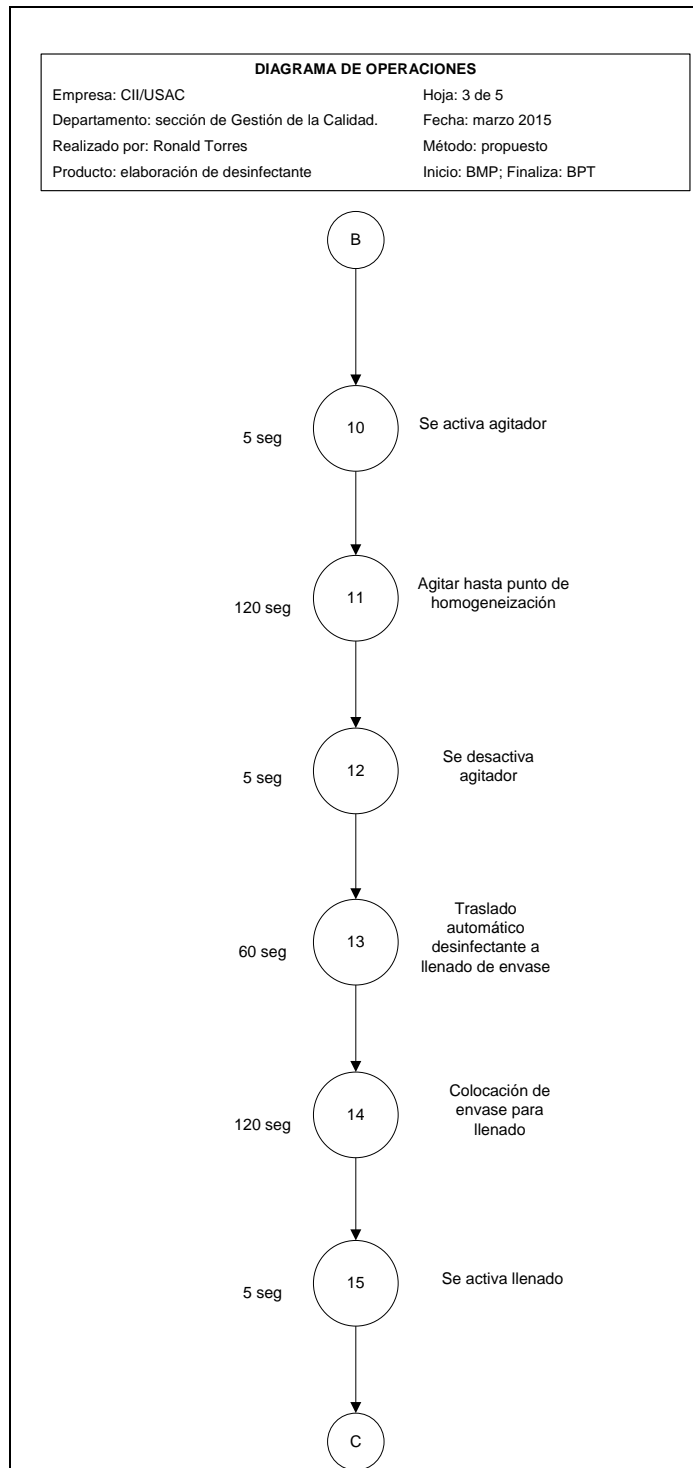


Continuación de la figura 77.

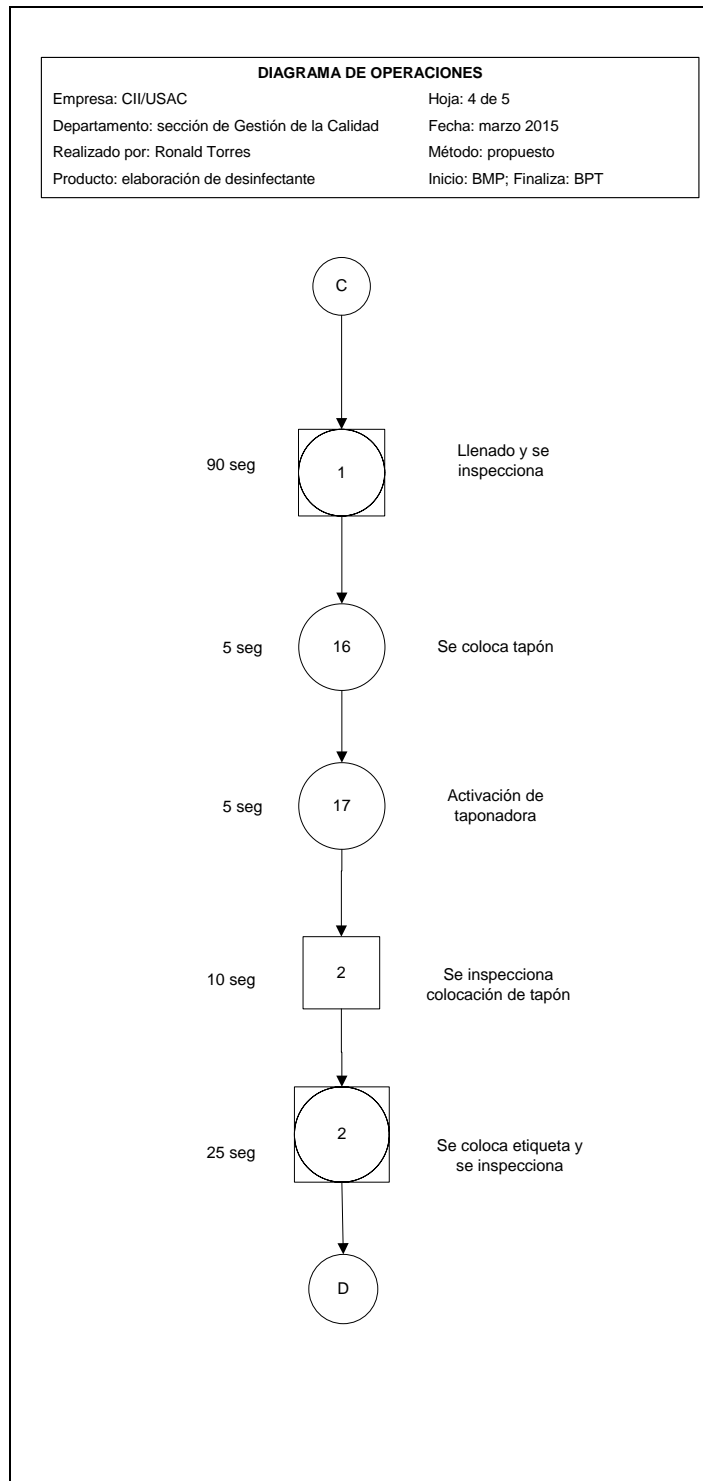




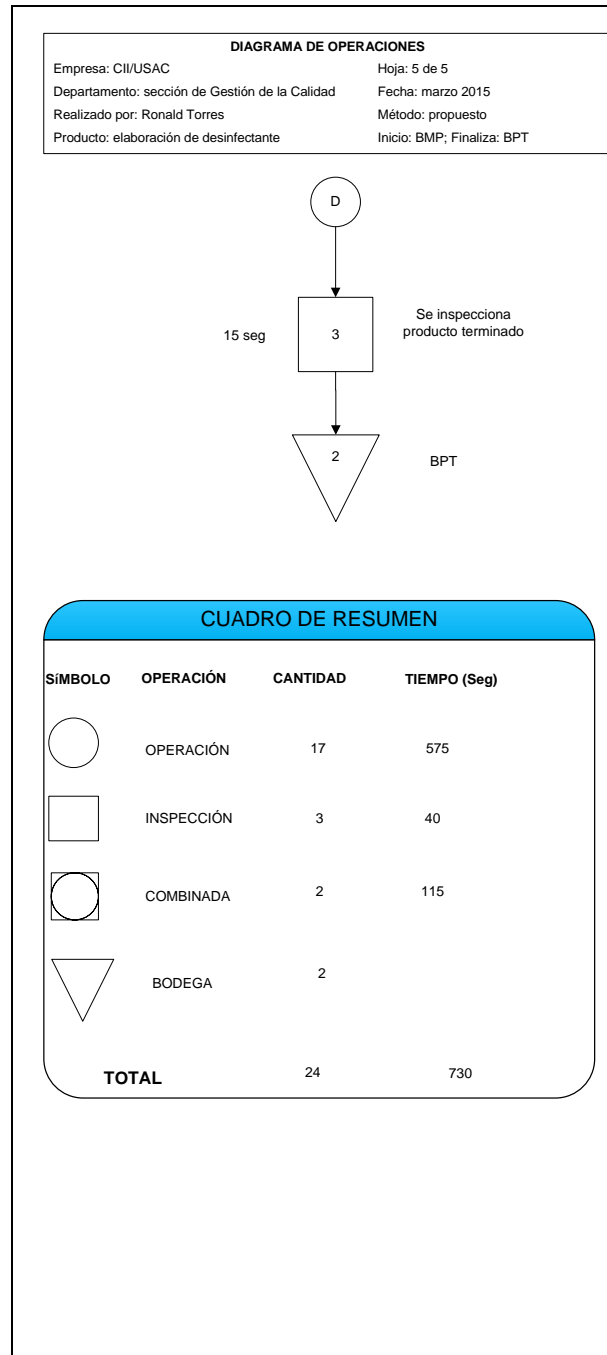
Continuación de la figura 77.



Continuación de la figura 77.



Continuación de la figura 77.








Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Visio 2007.

Caso práctico: realizar el diagrama de operaciones del proceso para la producción de desinfectantes, observando la línea de producción.

### 2.5.6.1.2. Práctica 2. Diagrama de flujo del proceso



Este diagrama contiene, en general muchos más detalles que el diagrama de operaciones, y va de lo general del diagrama de operaciones a detalles de operación más particulares, este diagrama no se puede utilizar en procesos de ensamble muy complicados, pues dejaría de cumplir su verdadera función. Este diagrama de flujo es especialmente útil para poner de manifiesto costos ocultos como distancias recorridas, retrasos y almacenamientos temporales.<sup>49</sup>

Tabla XCIII. Símbolos para elaboración de diagramas de flujo

| Actividad  | Símbolo   | Función   |
|------------|---|---|
| Operación  |  | Se usa para indicar que se realiza una operación, método o procedimiento.   |
| Transporte |  | Indica el movimiento de los trabajadores, y equipo de un lugar a otro. Se considera transporte cuando la distancia recorrida es mayor o igual a 1.5 metros.           |
| Inspección |  | Indica verificar calidad y cantidad conforme a especificaciones preestablecidas.  |
| Demora     |  | Indica a un período de tiempo en el que se registra una inactividad ya sea en los trabajadores, materiales, equipo, puede ser evitable o inevitable.                  |
| Almacenaje |  | Indica depósito de un objeto bajo vigilancia en un almacén donde se recibe o entrega mediante alguna forma de autorización o donde se guarda con fines de referencia. |

<sup>49</sup> TORRES, Sergio. *Ingeniería de plantas*. p. 118.

Continuación de la tabla XCIII.

|                     |   |   |
|---------------------|---|---|
| Operación combinada |  | Indica el momento en el que se lleva a cabo una operación que a la vez está siendo inspeccionada.                                       |
| Línea horizontal    |  | Se utiliza para indicar la introducción o salida de materiales o materia prima, ya sea por compra, por trabajo hecho en otra operación. |

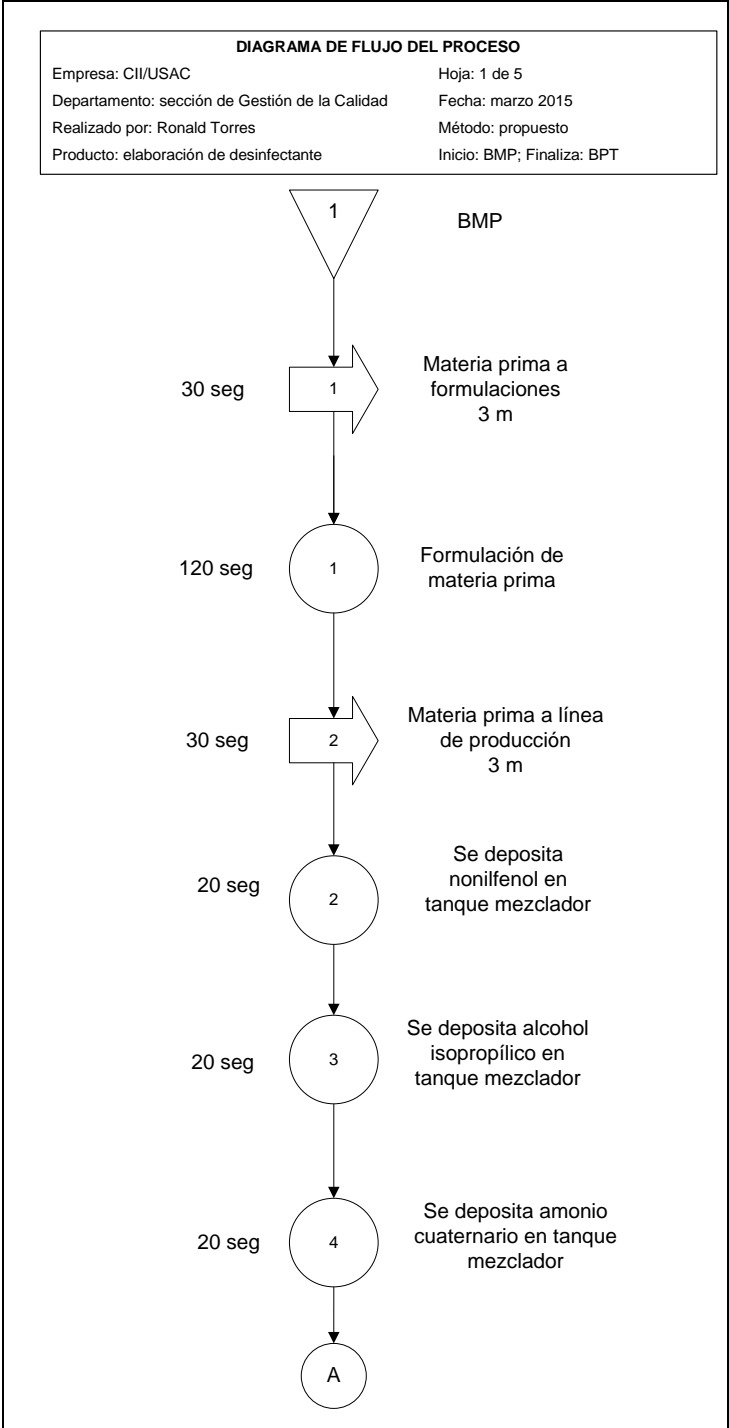
Fuente: TORRES, Sergio. *Ingeniería de plantas*. p. 118.

Figura 78. **Encabezado diagrama de flujo del proceso**

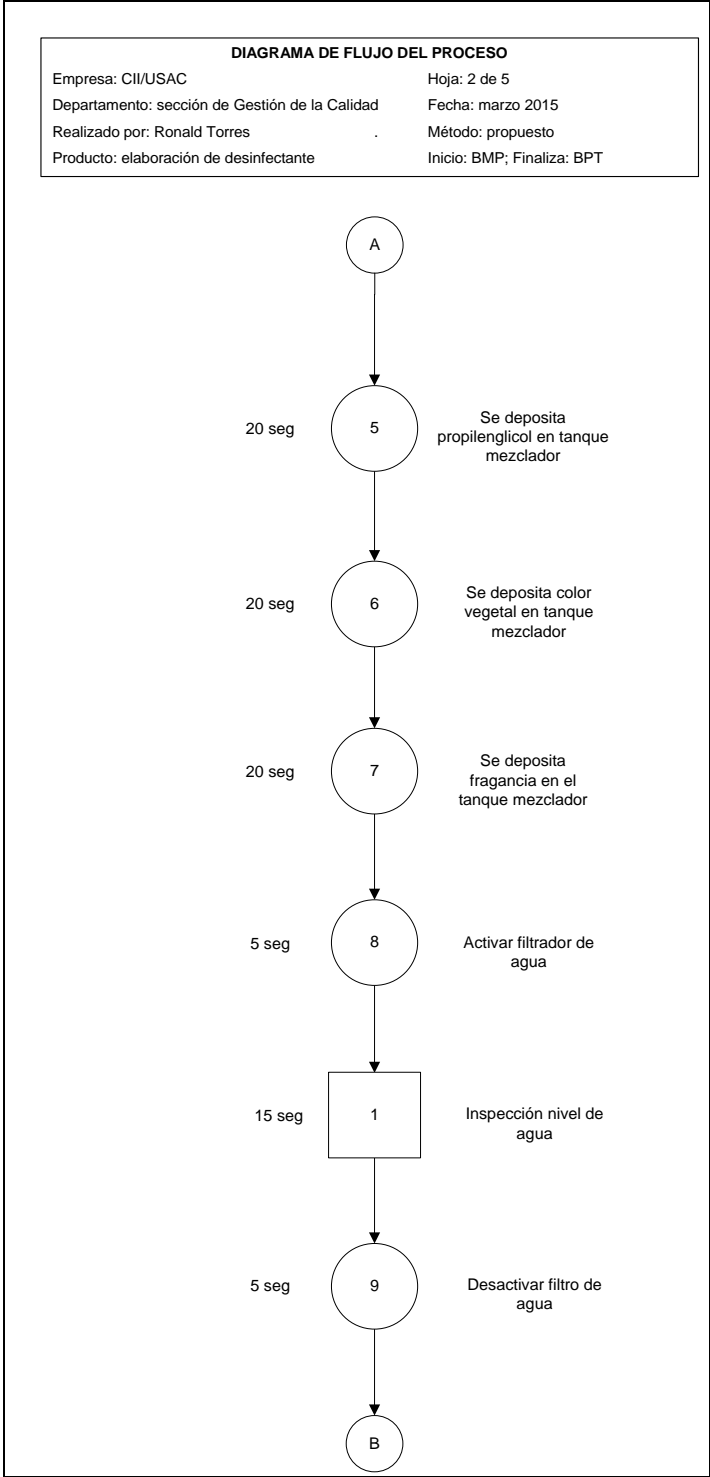
|                                      |                           |
|--------------------------------------|---------------------------|
| <b>DIAGRAMA DE FLUJO DEL PROCESO</b> |                           |
| Empresa:                             | Hoja:                     |
| Departamento:                        | Fecha:                    |
| Realizado por:                       | Método:                   |
| Producto:                            | Inicio:____ Finaliza:____ |

Fuente: elaboración propia.

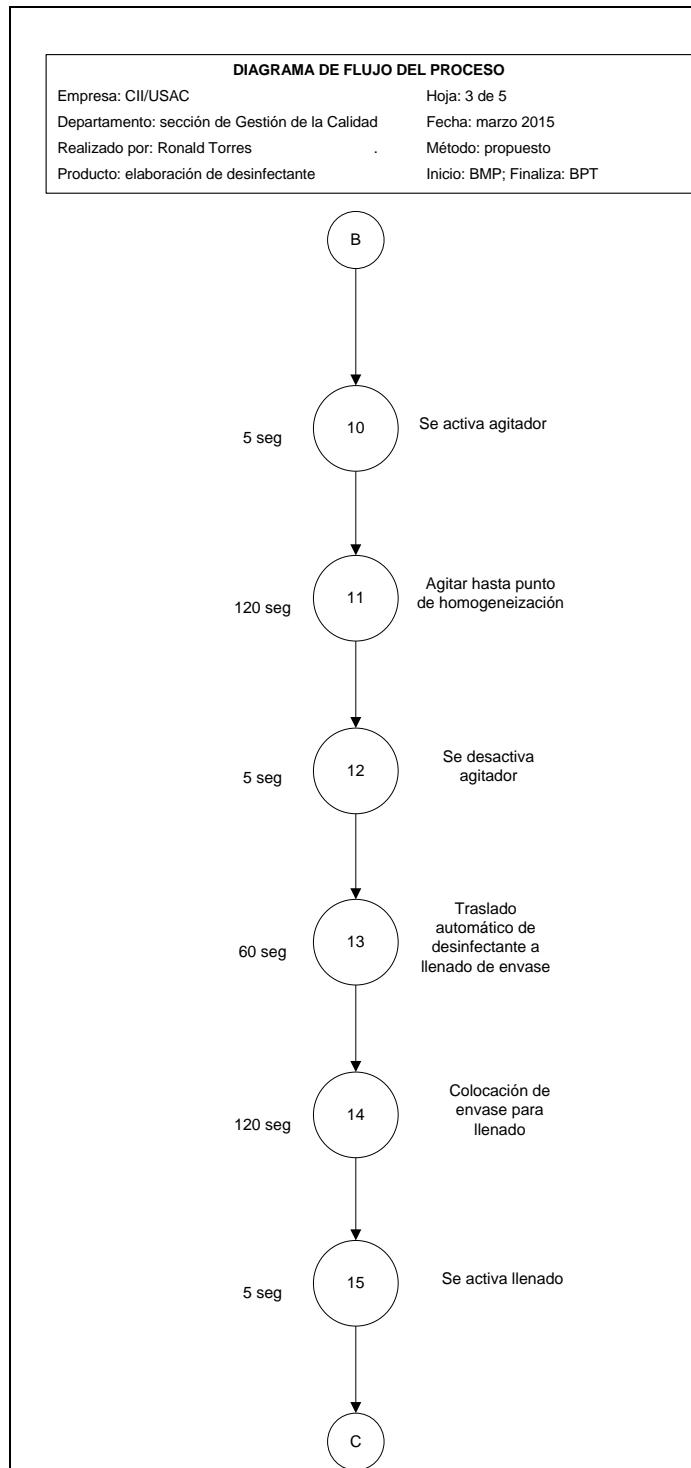
Figura 79. Diagrama de flujo del proceso de producción de desinfectante



Continuación de la figura 79.

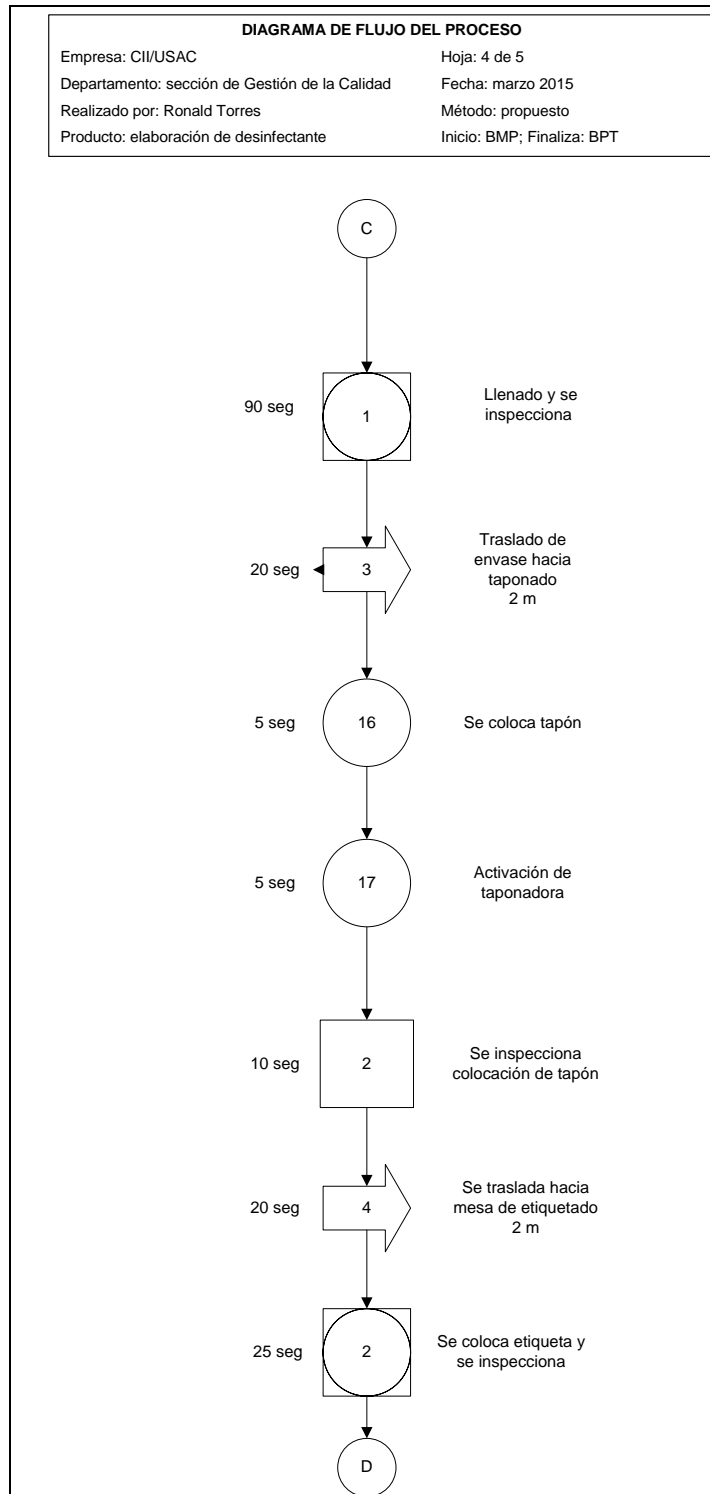


Continuación de la figura 79.

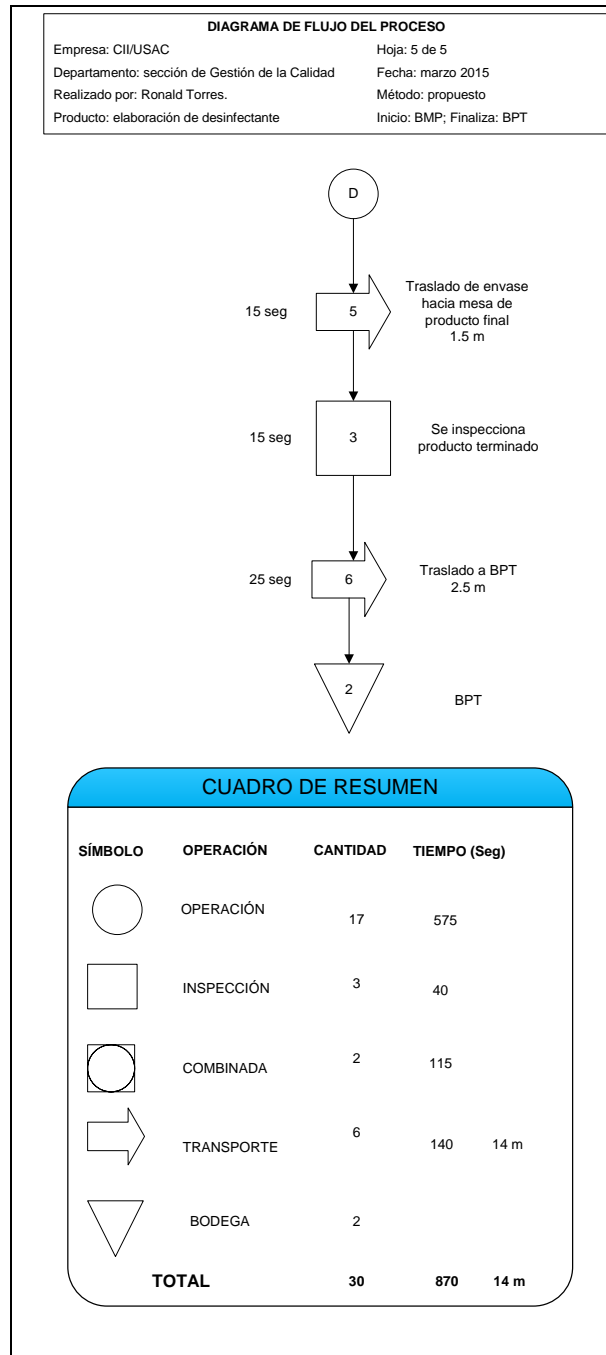




Continuación de la figura 79.



Continuación de la figura 79.



Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Visio 2007.

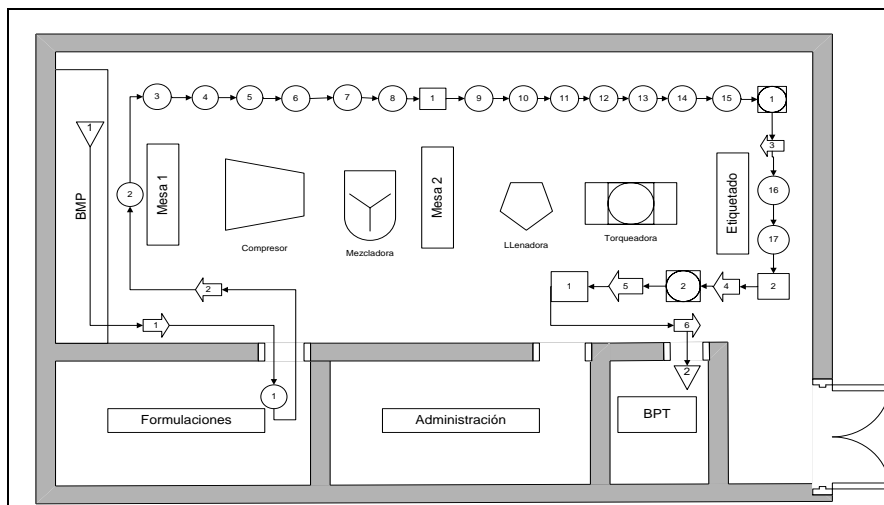
Caso práctico: realizar el diagrama de flujo del proceso para la producción de desinfectantes, observando la línea de producción.

### 2.5.6.1.3. Práctica 3. Diagrama de recorrido del proceso

Es una modalidad del diagrama de flujo representado en el plano del curso del trabajo. El plano debe contener todas las áreas actuales incluyendo la maquinaria y todas las instalaciones fijas. El diagrama de recorrido muestra la posición correcta de las máquinas y puestos de trabajo; en él se trazan los movimientos de un producto o de sus componentes y se expresan mediante símbolos las actividades que se efectúan en las distintas estaciones.

Ejemplo práctico: diagrama de recorrido en el proceso de fabricación del desinfectante en la planta piloto de producción.

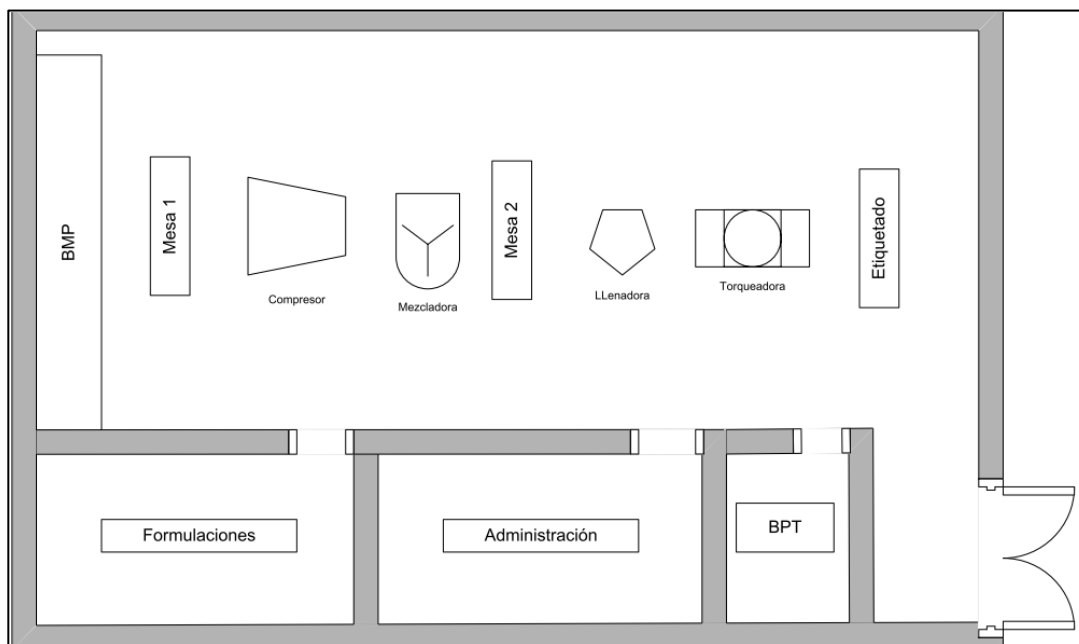
Figura 80. Diagrama de recorrido, planta piloto de producción



Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Visio 2007.

Caso práctico: analizar el proceso de producción de desinfectantes, con base en las áreas de la planta, para realizar las mejoras en el diagrama de recorrido.

Figura 81. **Distribución de maquinaria, planta piloto**



Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Visio 2007.

#### 2.5.6.1.4. **Práctica 4. Balanceo de líneas de producción**

La producción en línea es una disposición de áreas de trabajo donde las operaciones consecutivas de trabajo están colocadas inmediatamente adyacentes, donde el material se mueve continuamente y a un ritmo uniforme través de una serie de operaciones equilibradas que permiten la actividad

simultánea en todos los puntos, moviéndose el producto hacia el fin de su elaboración a lo largo de un camino razonadamente directo.

Deben existir ciertas condiciones para que la producción en línea sea práctica:

- Cantidad: el volumen o cantidad de producción debe ser suficiente para cubrir el costo de la preparación de la línea. Esto depende del ritmo de producción y de la duración que tendrá la tarea.
- Equilibrio: los tiempos necesarios para cada operación en la línea deben ser aproximadamente iguales.
- Continuidad: una vez iniciadas, las líneas de producción deben continuar, ya que la detención en un punto corta la alimentación del resto de las operaciones.

Con el balance de líneas se busca determinar la cantidad de operaciones y de las estaciones de trabajo asignadas en la línea de producción. Además se establece que la tasa de producción depende del operario más lento.

Ejemplo práctico: con los tiempos determinados y para una eficiencia del 95 %, ¿cuál sería el número de operarios en la línea para producir 5 000 unidades en un turno de 8 horas, y el número de operarios por estación? Se desea que se produzcan 700 unidades diarias.

En la línea de producción hay 5 estaciones, los cuales muestran los siguientes tiempos en minutos.

Tabla XCIV. **Tiempo de operarios**

| <b>Estación</b> | <b>Tiempo</b> | <b>Tiempo permitido</b> |
|-----------------|---------------|-------------------------|
| Estación 1      | 2,59          | 3,28                    |
| Estación 2      | 2,14          | 3,28                    |
| Estación 3      | 2,44          | 3,28                    |
| Estación 4      | 3,06          | 3,28                    |
| Estación 5      | 3,28          | 3,28                    |

Fuente: elaboración propia.

$$\sum ME = 13,51 \text{ minutos}$$

$$N = \frac{665 \text{ unidades}}{480 \text{ min}} * \frac{13,51}{0,95}$$

$$N = 19,70 \cong 20 \text{ operarios}$$

- Tiempo en que se debe de producir una unidad:

$$t = \frac{480}{700} = 0,685 \text{ minutos}$$

- Estimación de cantidad de operarios en cada estación de trabajo

$$\text{Tiempo por unidad} = \frac{\text{Tiempo estándar}}{\text{Tiempo de producción por unidad}}$$

Tabla XCV. **Número de operarios por estación**

| <b>Estación</b> | <b>Tiempo estándar (min)</b> | <b>Tiempo por unidad</b> | <b>No. Operarios</b> |
|-----------------|------------------------------|--------------------------|----------------------|
| Estación 1      | 2,59                         | 3,78                     | 4                    |
| Estación 2      | 2,14                         | 3,12                     | 3                    |
| Estación 3      | 2,44                         | 3,56                     | 4                    |
| Estación 4      | 3,06                         | 4,46                     | 4                    |
| Estación 5      | 3,28                         | 4,78                     | 5                    |

Fuente: elaboración propia.

- Estación más lenta:

$$\text{Estación más lenta} = \frac{\text{Tiempo estándar}}{\text{Núm. de operarios}}$$

Tabla XCVI. **Ritmo de producción por estación**

| <b>Estación</b> | <b>Tiempo estándar (min)</b> | <b>Núm. Operarios</b> | <b>Ritmo de producción</b> |
|-----------------|------------------------------|-----------------------|----------------------------|
| Estación 1      | 2,59                         | 4                     | 2,59/4 = 0,65              |
| Estación 2      | 2,14                         | 3                     | 2,14/3 = 0,71              |
| Estación 3      | 2,44                         | 4                     | 2,44/4 = 0,61              |
| Estación 4      | 3,06                         | 4                     | 3,06/4 = 0,76              |
| Estación 5      | 3,28                         | 5                     | 3,28/5 = 0,66              |

Fuente: elaboración propia.

La estación núm. 4 determina el ritmo de producción de la línea.

$$\text{Producción} = \frac{\text{Núm. de operarios} * 60}{\text{Tiempo estándar}}$$

$$\text{Producción} = \frac{4 * 60}{3,06} = 78,43 \cong 78 \text{ unidades/hora}$$

Se puede concluir que la línea de producción con una eficiencia del 95 %, con 20 operarios y un ritmo de producción de 78 unidades por hora puede cumplir la demanda en 9 días de trabajo efectivo.

- Caso práctico:
  - Realizar el balance de líneas en la producción de desinfectantes de la planta piloto.
  - Calcular la eficiencia de las líneas de producción con la asignación actual y con el balance ya aplicado.

### **2.5.7. Prácticas de Seguridad e Higiene Industrial**

La seguridad industrial está enfocada a la prevención de los accidentes que puede tener una persona en su área de trabajo.

#### **2.5.7.1. Práctica 1. Identificación de riesgos**

La seguridad en el trabajo es la disciplina que tiene como objetivo principal la prevención de los accidentes laborales en los que se produce un contacto directo entre los materiales, un equipo de trabajo, un producto, una sustancia o bien una energía y el trabajador pueda sufrir las consecuencias habitualmente, pero no exclusivamente, traumáticas (quemaduras, heridas, contusiones, fracturas, amputaciones, entre otros).



Los riesgos laborales se encuentran presentes en el entorno laboral de los trabajadores y son las causas inminentes de eventos tales como: accidentes de trabajo, enfermedades profesionales, averías, contaminación, incendios, y explosiones, y cualquier otro evento que este se puedan originar; se hace necesario un análisis profundo del estudio, para evitar su impacto sobre las personas, los medios productivos y el medio ambiente laboral.

Las empresas deben identificar, evaluar y controlar los riesgos existentes. El análisis de riesgos, constituye una vía para determinar la frecuencia y el contenido de las inspecciones y los procedimientos de seguridad, la utilización de los equipos de seguridad y darle seguimiento a los planes de seguridad.

Por medio de la evaluación de riesgos se determinan los factores de riesgo existentes en el ambiente de trabajo, para proponer las medidas de seguridad que permitan controlar el riesgo y disminuir el riesgo la mayor cantidad posible, la probabilidad de ocurrencia de daños a la salud del trabajador, a las instalaciones de la empresa, al medio ambiente y a terceros.

- Etapas del proceso de evaluación de riesgos:
  - Identificación de los factores de riesgos y sus causas
  - Estimación de las consecuencias
  - Valoración de la probabilidad del factor de riesgo
  - Proponer las medidas de control de riesgo
  - Toma de decisiones
  - Ejecutar las medidas de control
  - Control de las medidas
  - Eventos que originan los riesgos

- Factores causales técnicos: estos están determinados fundamentalmente por aquellas condiciones riesgosas o nocivas que poseen los medios, objetos, procesos productivos, actividades y puestos de trabajo, así como los materiales, materias primas, instalaciones y el ambiente laboral. Estas condiciones pueden ser de carácter natural, donde la exposición al riesgo sea inherente a la actividad laboral realizada, como lo es en algunos casos de: trabajos en alturas, utilizando productos irritantes, cancerígenos; o puede ser consecuencias de deficientes concepciones de diseños, construcciones o mantenimientos, así como debido al desgaste de los mismos. En términos generales algunas de las causas técnicas pueden ser las siguientes:
  - Partes móviles de máquinas y equipos sin o impropriamente resguardados.
  - Falta, desactivación o mal funcionamiento de dispositivos de bloqueo o limitación de movimientos.
  - Fallas materiales asociadas al envejecimiento, desgaste, corrosión o sobrecargas.
  - Instrumentos, herramientas o superficies cortantes, punzantes o abrasivas incorrectamente protegidas.
  - Objetos o partículas que se desprenden, caen, ruedan, deslizan, vuelcan, o se proyectan en retroceso después de haber sido movidas de su lugar de origen.
  - Insuficiente seguridad de las superficies de trabajo y otros factores que conducen a caídas al mismo u otros niveles.
  - Falta o inadecuada protección contra contactos eléctricos.
  - Agresión de animales enfurecidos.
  - Exposición a objetos, piezas, medios o sustancia extremadamente caliente o frías.

- Sustancias inflamables o que producen explosiones.
- Ingestión, inhalación o contacto con sustancia venenosas, tóxica, irritantes, corrosivas, o de efectos similares.
- Exposición a radiaciones por encima de los niveles permisibles.
- Exposición en ambientes de trabajo a temperaturas por encima o debajo de las normales de trabajo.

Las causas organizativas, están en estrecha relación con las causas técnicas de los medios de trabajo, algunas de las causas son:

- No observar o dar el tratamiento incorrecto a los requisitos de seguridad durante las etapas de diseño, planificación y ejecución.
- Procesos de trabajo mal organizados.
- Forma incorrecta de almacenamiento.
- Falta de mantenimiento a la maquinaria.
- Deficiencias en la organización del trabajo, alteración del régimen de trabajo y descanso.
- Incumplimiento o cumplimiento insuficiente de la responsabilidad de los dirigentes, jefes y técnicos.
- Falta de supervisión, regulación o control.
- Deficiencias en las Instrucciones y adiestramiento sobre la seguridad y salud en el trabajo de los dirigentes, técnicos y demás trabajadores.
- Inadecuada selección del personal.
- Falta de orden y limpieza.
- Falta o uso inadecuado de los medios de protección personal, colectivos y contra incendios.

Caso práctico: realizar un análisis de identificación de riesgos en la planta piloto de producción, colocar en un cuadro el área, la clasificación del riesgo, factor de causalidad, probabilidad de ocurrencia, estimación del riesgo.

Figura 82. **Formato de identificación de riesgos**

| ÁREA     | CLASIFICACIÓN DE RIESGO      | FACTOR DE CAUSALIDAD    | PROBABILIDAD DE OCURRENCIA | TIPO DE CONSECUENCIA | ESTIMACIÓN DE RIESGO |
|----------|------------------------------|-------------------------|----------------------------|----------------------|----------------------|
| Mezclado | Golpes en las manos o brazos | Movimientos inadecuados | Baja                       | Ligeramente dañino   | Tolerable            |
|          |                              |                         |                            |                      |                      |
|          |                              |                         |                            |                      |                      |
|          |                              |                         |                            |                      |                      |
|          |                              |                         |                            |                      |                      |

Fuente: elaboración propia.

- Realizar una propuesta de plan de mejora que se pueda implementar para minimizar o eliminar los riesgos laborales.
- Realizar un estudio sobre los riesgos derivados de la utilización de químicos en la planta piloto así como sus posibles consecuencias.

### 2.5.7.2. **Práctica 2. Indicadores de accidentalidad**

Los Indicadores son considerados en general, como valores numéricos que se le otorgan a una clasificación, ya sea medida o clasificada dentro de un rango con algún tipo de nivel característico estimado de un sistema.

En las empresas el departamento de seguridad industrial es el encargado de llevar el registro de control de accidentes ocurridos dentro de la corporación. Con el análisis del accidente ocurrido se van añadiendo en el historial los datos estadísticos que estos accidentes involucraron. Además del número de días que han sucedido accidentes, la clasificación del accidente puede referirse a: frecuencia que ocurre, gravedad de las lesiones, el índice de accidentalidad.

Los registros se representan en gráficos de control para el registro histórico estadístico de los accidentes, aquí se puede analizar el porcentaje de accidentes que se han generado; si estos han disminuidos, aumentado o persisten en la cantidad. Con estos resultados se deben llevar a cabo planes para la reducción de los accidentes dentro de la empresa.

Índice de frecuencia: indica la cantidad de accidentes por lesiones incapacitantes.

$$I.F = \frac{\text{Núm. de accidentes}}{\text{Núm. de horas trabajadas}} \times 10^6$$

Una empresa con 500 trabajadores ha tenido durante un mes 3 accidentes incapacitantes y 80 000 horas hombre trabajadas.

$$I.F = \frac{3}{80\,000} \times 10^6 = 38$$

Por cada millón de horas-hombre trabajadas, la empresa tiene 38 accidentes incapacitantes.

- Índice de gravedad: es la tasa utilizada para indicar la gravedad de las lesiones ocurridas por accidentes de trabajo por cada millón de horas hombre trabajadas, puede ser semestral o anual.

$$I.G = \frac{\text{Núm. de jornadas perdidas}}{\text{Núm. de horas trabajadas}} \times 10^6$$

Una empresa con 500 trabajadores tiene 12 accidentes en 6 meses, lo cual refleja 72 días perdidos en 480 000 horas hombre trabajadas.

$$I.G = \frac{72}{480\,000} \times 10^6 = 150 \text{ días perdidos}$$

Por cada millón de horas hombre trabajadas la empresa tiene 150 días perdidos por accidentes.

- Índice de accidentalidad: es el porcentaje de accidentes ocurridos en relación al número de trabajadores de la empresa.

$$I.A = \frac{\text{Núm. de accidentes}}{\text{Núm. de trabajadores}} * 100$$

Una empresa con 500 trabajadores tiene 15 accidentes, determinar el índice de accidentalidad.

$$I.A = \frac{15}{500} * 100 = 3 \%$$

- Caso práctico: realizar un análisis de los diferentes índices de accidentalidad en la planta piloto y presentar conclusiones ya que la planta cuenta con personal numérico pequeño.

### **2.5.7.3. Práctica 3. Equipo de protección**

El equipo de protección personal (EPP) está diseñado para proteger a los trabajadores en el lugar de trabajo de lesiones o enfermedades profesionales que puedan resultar del contacto con peligros químicos, radiológicos, físicos, eléctricos, mecánicos, entre otros. Entre el equipo de protección básicos se encuentra: el casco, botas industriales, guantes, lentes, tapones de oído y mascarillas.

En toda empresa debe ser prioridad la protección personal de cada trabajador que forma parte de la misma; ahora bien, es innegable que muchas veces los problemas de orden técnico no hacen factible la adopción de medidas de protección colectivas. Es entonces cuando se introduce la protección personal.

Las protecciones personales son elementos de uso directo sobre el cuerpo del operario, pero que por sí solas no eliminan el riesgo, solo son unas barreras de protección colocadas frente al cuerpo del trabajador.

El equipo de protección personal, como su nombre indica, debe ser estrictamente personal, pudiendo llevar marcas de identificación personales, por motivos de higiene, siendo necesario dar instrucciones precisas para su correcta utilización a los trabajadores que vayan a utilizarlo.

Para la elección de los equipos de protección personal adecuados, siempre es necesario el estudio previo de las operaciones que se van a efectuar con los mismos, teniendo siempre presente en él:

- Los riesgos posibles
- Las condiciones de trabajo
- Las partes del cuerpo que se van a proteger

El encargado de la seguridad laboral en las empresas es el encargado de evaluar el lugar de trabajo, con el fin de determinar si existen riesgos que requieran el uso del equipo de protección personal.

Si existen estos riesgos, se debe seleccionar el equipo de protección personal adecuada y exigir que lo utilicen sus trabajadores, el equipo de protección debe ser el adecuado para cada persona y este se debe ajustar a la talla de los trabajadores.

Se debe capacitar a los trabajadores de acuerdo con el uso adecuado del equipo de protección personal para que todos sepan los siguientes lineamientos:

- Usar adecuadamente el equipo de protección personal.
- Saber cuándo es necesario el equipo de protección personal.
- Conocer qué tipo del equipo de protección personal es necesario.
- Conocer las limitaciones del equipo de protección personal para proteger de lesiones a los empleados.
- Ponerse, ajustarse, usar y quitarse el equipo de protección personal.
- Mantener el equipo de protección personal en buen estado.



- Caso práctico:
  - Analizar el EPP utilizado en la planta piloto y especificar si el equipo utilizado es el adecuado para los procesos realizados.
  - Realizar una propuesta del equipo de protección personal que se podría incorporar para utilizar en la planta piloto.

#### **2.5.7.4. Práctica 4. Salud ocupacional**

La salud ocupacional tiene como fin controlar los accidentes y las enfermedades mediante la reducción de las condiciones de riesgo. La salud ocupacional no se limita a cuidar las condiciones físicas del trabajador, sino que también se ocupa de la cuestión psicológica. Para los empleadores, la salud ocupacional supone un apoyo al perfeccionamiento del trabajador y al mantenimiento de su capacidad de trabajo.

Los problemas más usuales de los que debe ocuparse la salud ocupacional son las fracturas, cortaduras y distensiones por accidentes laborales, los trastornos por movimientos repetitivos, los problemas de la vista o el oído y las enfermedades causadas por el trabajo. También puede encargarse del estrés causado por el trabajo o por las relaciones laborales.

Para asegurar un buen ambiente laboral, seguro y estable se desarrollan programas de salud ocupacional, compuestos de una serie de planes que giran en torno a la salud de los empleados. De acuerdo con el tipo de necesidad que atiendan, estos planes pueden ser: planes de higiene, planes de seguridad industrial y planes de medicina preventiva. Todas ellas tienen como objetivo primordial mantener y mejorar la salud de los empleados dentro del ambiente laboral.

Lo fundamental en la salud ocupacional es asegurar un alto grado de bienestar mental, social y físico para los trabajadores y prevenir toda clase de accidentes e imprevistos, asegurando un lugar de trabajo sin elementos nocivos para su salud y otorgando la seguridad del empleo, siempre y cuando el trabajador cumpla con los requisitos que se le han encomendado.

A la hora de que se incorpore un nuevo empleado, las personas son sometidas a un examen médico, a través del cual se establece cuáles son sus condiciones físicas y mentales a la hora de asumir el contrato con dicha compañía. Pasado un tiempo, se repetirá el examen, y si resulta existir alguna anomalía en la salud de la persona que pudiera estar relacionada con el trabajo, la salud ocupacional se encarga de ayudarlo con la enfermedad profesional.

- Caso práctico:
  - Realizar un análisis sobre la aplicación de un plan de salud ocupacional en la planta piloto, que incluya un plan de prevención para evitar o disminuir el riesgo de padecer de enfermedades profesionales.
  - Realizar un análisis sobre las posibles enfermedades profesionales que se pueden desarrollar en la planta piloto.

#### **2.5.7.5. Práctica 5. Preparación y respuesta**

Respuestas para casos de emergencia: las emergencias pueden crear una variedad de peligros para trabajadores en el área donde se sitúe la emergencia. Prepararse antes de una emergencia tiene un papel importante para garantizar que los empleadores y los trabajadores cuentan con el equipo

necesario, saber a dónde ir y cómo mantenerse seguros en caso de emergencia.

Las emergencias pueden ser de desastres naturales como inundaciones, sismos, incendios, accidentes laborales, entre otros. Todos los trabajadores deben estar capacitados para responder ante la emergencia, se realizan simulacros de sismos y evacuación, se asigna a una persona encargada que dirija al grupo para que todos mantengan la calma y se minimiza el riesgo de sufrir cualquier tipo de lesión o accidente. Lo importante es salvaguardar a todo el personal y que este se mantenga a salvo ante, durante y después de la emergencia.

Los trabajadores son parte fundamental ante cualquier desastre o nuevo evento de emergencia. Proteger la salud y seguridad de dichos trabajadores mediante la prevención de enfermedades, lesiones y muertes es una prioridad del programa de preparación y respuesta a emergencia. Esto se puede lograr garantizando que la seguridad y salud del personal de respuesta se aborde de manera sistemática durante todas las etapas (antes, durante y después de la movilización) para asegurar que solo se enviará personal calificado, capacitado y debidamente equipado.

Los temas que se tratan a continuación contienen recomendaciones para ayudar a los empleadores y al personal de respuesta a lograr la meta de la salud y seguridad de los trabajadores durante las operaciones de respuesta.

- Seguridad contra incendios
- Preparación para la emergencia
- Planes de evacuación
- Capacitación de brigadas (primeros auxilios, evacuación e incendios)

- Simulacros de evacuación
- Primeros auxilios (teórico – práctico)
  
- Caso práctico
  - Realizar un plan de emergencia que pueda ser implementado en la planta piloto.
  - Realizar un análisis de la localización de las rutas de evacuación, y puntos de reunión, en el edificio donde se encuentran las instalaciones.

#### **2.5.7.6. Práctica 6. Costos por accidentes**

Los accidentes de trabajo y las enfermedades ocasionan daños y pérdidas; cuando un trabajador sufre algún tipo de accidente o lesión, estos conllevan a costos directos, indirectos y sociales, los cuales se ven reflejados como consecuencia de las lesiones sufridas. No todos los accidentes tienen el mismo costo ya que cada uno puede provenir de un origen diferente y se le puede aplicar una causalidad diferente dada la actividad laboral. Aún así, se hace necesario establecer un costo regulado y razonado para cada tipo de accidente agrupando en conjuntos un poco amplios si se quiere obtener algún tipo de resultado coherente, ya que la obtención de datos proviene de entrevistas personalizadas en las que el encargado de la prevención establece la gravedad de los accidentes.

La estimación de los posibles daños materiales, lesiones corporales a trabajadores, días dejados de trabajar, producciones dejadas de realizar, pérdidas económicas, daños a la flora y la fauna, y al medio ambiente, entre otros. al producirse un accidente.

- Magnitud del riesgo: para determinar la magnitud, antes se debe de realizar una valoración y análisis de los factores de riesgos, aplicando una serie de comparaciones contenidas en listas de chequeos, previamente establecidas como seguras, además de verificar las normas y legislaciones vigentes.
  
- Costos del tiempo perdido por el trabajador lesionado.
  - Costos del tiempo perdido por otros trabajadores que interrumpen sus tareas: por curiosidad, por compasión, por ayudar al trabajador lesionado, por otras razones.
  
- Costo del tiempo perdido por supervisores para:
  - Presentar asistencia al trabajador.
  - Investigar las causas del accidente.
  - Disponer tiempo para que otro trabajador realice las labores del otro trabajador lesionado.
  - Preparar los informes sobre el accidente.
  - Costo del tiempo de la persona que prestó los primeros auxilios.
  - Costo de los daños ocasionados por máquinas, herramientas u otros bienes.
  - Costos por la imposibilidad de entregar los pedidos en la fecha convenida.
  
- Costos originados por las medidas adoptadas después del accidente de trabajo:
  - Medidas de seguridad adoptadas después del accidente.

- Dispositivos de seguridad adoptados después del accidente.
- Elementos de protección personal adoptados después del accidente.
- Capacitación impartida después del accidente.

Caso práctico: realizar un análisis de los tipos de costos que se generarían por los posibles accidentes laborales en la planta piloto.

## **2.5.8. Prácticas de administración de personal**

La administración de personal gestiona al recurso humano, teniendo un equilibrio de intereses patronales y laborales.

### **2.5.8.1. Práctica 1. Análisis y evaluación de puestos**

Un análisis de puestos pretende estudiar y determinar los requisitos, responsabilidades y condiciones que un determinado puesto exige para desempeñarlo adecuadamente. Consiste en determinar las habilidades, deberes y conocimientos requeridos para desempeñar trabajos específicos en una organización.

Tradicionalmente es una técnica de recursos humanos básica y penetrante, así como el punto inicial de las actividades de recursos humanos.

En el ambiente laboral de constantes cambios, hoy en día, es indispensable un sistema sólido de análisis de puesto. Se crean puestos nuevos y los puestos viejos se rediseñan o eliminan. El análisis de puesto se realiza

después de que este ha sido diseñado, el trabajador ha sido capacitado y el puesto se está llevando a cabo.

El análisis de puesto se realiza en tres ocasiones: la primera, cuando se funda la organización y se inicia un programa de análisis de puesto por primera vez; la segunda, cuando se crean nuevos puestos y, la tercera lugar, cuando estos cambian significativamente por el surgimiento de nuevas tecnologías, métodos, procedimientos o sistemas.

Tradicionalmente, el análisis de puesto se ha realizado de diversas maneras porque difieren las necesidades y los recursos organizacionales para llevarlo a cabo. La selección de un método específico se debe basar en los propósitos para los cuales se usará la información (evaluación de puesto, incremento salarial, desarrollo, entre otros) y en el enfoque que sea más factible para una organización en particular. A continuación se describen los métodos más comunes de análisis de puesto.

- **Valuación de puestos:** para conocer el valor de los puestos, la administración se vale de un método de valoración de puestos, que consiste en lo siguiente: es un procedimiento sistemático utilizado para el estudio de los trabajos y la determinación de la importancia de cada de ellos, y su mérito en relación con los demás trabajos. Si se toma como base la descripción del puesto, se puede decir que la evaluación de los mismos es un procedimiento para analizar el puesto, con el fin de determinar el grado de habilidad, esfuerzo y responsabilidad requerida en el mismo y las condiciones de trabajo en las cuales se desempeña, en relación con otros puestos de la misma organización, a fin de establecer una relación lógica y objetiva entre estos factores y la estructura de salarios.

- Sistema de evaluación de puestos: existen cuatro métodos fundamentales para llevar a cabo la evaluación del trabajo de una empresa, los cuales se dividen de la siguiente manera
  - Método de jerarquización (*Job ranking*): se denomina también método de comparación simple, y consiste en disponer los cargos en orden creciente o decreciente con relación a algún criterio de comparación. El primer paso para la aplicación de este método es el análisis de cargos, con el fin de obtener información sobre éstos. La información debe prepararse con mucho cuidado para que el evaluador pueda trabajar con datos objetivos.
  - Método de categorías predeterminadas (*Job classification*): Proporciona una organización planeada. Una vez implantado, este método puede volverse inflexible y poco sensible a los cambios de la naturaleza y del contenido de los cargos. No obstante, es más elaborado que el método de jerarquización y permite que se incorporen nuevos cargos a la estructura. Es un método no analítico y cualitativo.
  - Método de comparación de factores (*Factor comparison*): es una técnica analítica por cuanto los cargos se comparan mediante factores de evaluación. La creación del método de comparación de factores se atribuye a Eugene Benge quien propuso cinco factores genéricos:
    - Requisitos intelectuales
    - Habilidades exigidas
    - Requisitos físicos



- Responsabilidad
  - Condiciones de trabajo
- Método de evaluación por puntos (*Point rating*): también se denomina método de evaluación por factores y puntos. Creado en el año 1925 por el estadounidense Merrill R. Lott, se convirtió en el método de evaluación de cargos más utilizado en las empresas. La técnica es analítica, las partes componentes de los cargos se comparan mediante factores de evaluación. También es una técnica cuantitativa donde se asignan valores numéricos (puntos) a cada elemento o aspecto del cargo y se obtiene un valor total de la suma de valores numéricos (conteo de puntos). Los pasos del método son los siguientes:
  - Nombramiento e integración del comité de evaluación
  - Determinación de los puestos-tipo
  - Determinación de los factores
  - Establecimiento de los grados de los factores
  - Definición de los factores y grados contenidos en ellos
  - Ponderación de los factores
  - Asignación de puntos a cada grado de los factores
  - Valuación de los puestos
  - Elaboración de manual de evaluación
  - Etapa de valoración de puestos
- Caso práctico
  - Con base en los datos de la planta piloto de producción, realizar un análisis descrito en relación a los siguientes puntos.

- Identificación de puestos: deberes, responsabilidades, aptitudes humanas y condiciones de trabajo de cada uno de los puestos de la planta piloto.
- Descripción de puestos: ¿qué se hace en el puesto?, ¿cómo se hace?, ¿qué se debe realizar?, ¿qué condiciones para realizar el trabajo existente? y otros aspectos relevantes del puesto.
- Especificaciones de puestos: ¿qué debe hacer el trabajador?, ¿cómo lo debe realizar?, ¿por qué lo debe realizar? y ¿qué aptitudes, conocimientos y habilidades debe tener el trabajador? La especificación describe qué tipo de demandas se hacen al empleado y las habilidades que debe poseer la persona que desempeña el puesto.

### **2.5.8.2. Práctica 2. Condiciones laborales**

Las condiciones de trabajo abarcan las condiciones físicas del entorno en que debe desempeñarse la labor, el tipo de esfuerzo que el puesto demanda, el tipo de responsabilidad que lleva el puesto, las horas de trabajo, los riesgos profesionales, la necesidad de viajar y otras características específicas del puesto.

- Tipo de esfuerzo que el puesto demanda: el tipo de esfuerzo según lo demanda el puesto de trabajo puede ser:
  - Mental y visual: demanda una atención precisa durante periodos regulares de trabajo, en donde no pueden darse margen a errores.
  - Físico y mental: demanda una atención y trabajo físico normal, levantar cargas con pesos mínimos y recorrer distancias cortas.

- Tipo de responsabilidad que lleva el puesto: todas las responsabilidades están en función al puesto que se está desempeñando:
  - Alta: responsabilidad de dirección, control, organización y planificación, características de trabajos con esfuerzo mental y/o visual; con poder de mando.
  - Media: responsabilidad para trabajos que requieran etiquetar, archivar, transportar; con poder de mando muy limitado.
  - Baja: responsabilidad con poca exigencia en su trabajo; no tiene poder de mando este puesto.
  
- Condiciones físicas del puesto: las condiciones físicas del puesto ayudan a determinar el equipo de protección personal del trabajador, orden y limpieza del área de trabajo, espacio físico necesaria para realizar las labores, identificar las zonas peligrosas del área de trabajo, iluminación, instalaciones eléctricas, vías de circulación y mantenimiento de los ambientes de trabajo de un puesto, con el fin de procurar un ambiente que satisfaga las necesidades individuales para desempeñar de forma óptima sus labores.
  
- Equipo de protección personal básico:
  - Protección de la cabeza: casco
  - Protección del cuerpo: batas, overoles
  - Protección de los pies: botas Industriales, dieléctricas
  - Protección de los ojos y boca: gafas protectoras, mascarilla
  - Protección de las manos: guantes, mangas

- Orden, limpieza y mantenimiento: el orden, limpieza y mantenimiento del área de trabajo para cada puesto en el área debe seguir un lineamiento establecido.

Por ejemplo:

- Las zonas de paso y salida de los lugares de trabajo del departamento, deberán permanecer libres de obstáculos.
  - Los lugares de trabajo y sus respectivos equipos e instalaciones, se limpiarán periódicamente y siempre que sea necesario para mantenerlo en condiciones adecuadas.
  - Se eliminarán con rapidez los desperdicios, manchas de grasa, residuos de sustancias peligrosas y demás productos químicos residuales que puedan originar accidentes o contaminar el ambiente de trabajo.
  - Si se utiliza un sistema de ventilación, deberá mantenerse en buen estado de funcionamiento.
  - En el caso de guardas de protección para equipo e instrumentación, el mantenimiento deberá incluir el control de su funcionamiento.
- Espacio de trabajo y zonas peligrosas: el espacio de trabajo de cada uno de los puestos y las zonas peligrosas que existen en las áreas de trabajo se deben de identificar por medio de la observación directa, algunos casos pueden ser:
    - Las dimensiones de los puestos de trabajo deberán permitir que los trabajadores realicen su trabajo sin riesgos para su seguridad, salud y deben ofrecer condiciones ergonómicas aceptables.

- La separación entre los materiales existentes en el puesto de trabajo será suficiente para que los trabajadores puedan ejecutar su labor en condiciones de seguridad, salud y bienestar. Cuando, por razones inherentes al puesto de trabajo el espacio libre disponible no permita que el trabajador tenga la libertad de movimientos necesaria para desarrollar su actividad, deberá disponer de espacio adicional suficiente en las proximidades del puesto de trabajo.
- Las zonas de los lugares de trabajo en las que exista riesgo de caída, de caída de objetos, de contacto o exposición a elementos químicos dañinos, deberán estar claramente identificadas y señalizadas.
- Piso: el piso en el área del laboratorio debe ser antideslizante y no corroerse por los químicos utilizados en el lugar.
- Ventanas para iluminación:
  - Los tabiques transparentes o translúcidos, en especial, los tabiques acristalados situados en los locales o en las proximidades de los puestos de trabajo y vías de circulación, deberán estar claramente señalizados y fabricados con materiales seguros, o bien estar separados de dichos puestos y vías, para impedir que los trabajadores puedan golpearse con los mismos o lesionarse en caso de rotura.
  - Los trabajadores deben realizar de forma segura las operaciones de abertura, cierre, ajuste o fijación de ventanas, vanos de

iluminación cenital y dispositivos de ventilación. Cuando estén abiertos no deben constituir un riesgo para los trabajadores.

- Pasillos peatonales:
  - El ancho mínimo de las puertas exteriores y de los pasillos será de 1,20 metros.
  - El ancho de los pasillos por las que puedan circular medios de transporte y personal será de 1,50 metros y debe permitir el paso simultáneo.
  - Para garantizar la seguridad de los trabajadores, el trazado de las vías de circulación deberá estar claramente señalizado.
  
- Instalación eléctrica: estas deben ser:
  - Las áreas de trabajo deben contar con tomas de corrientes con capacidades de 110 y 220 voltios.
  - La instalación eléctrica y los dispositivos de protección deberán tener en cuenta la tensión, los factores externos condicionantes y la competencia de manejo de las personas que tengan acceso a partes de la instalación.
  
- Iluminación
  - Adaptarse a las características de la actividad que se efectúe en ella, teniendo en cuenta:
    - Los riesgos para la seguridad y salud de los trabajadores dependientes de las condiciones de visibilidad.

- Las exigencias visuales de las tareas desarrolladas.
    - Siempre que sea posible, los lugares de trabajo tendrán iluminación natural, la cual deberá complementarse con iluminación artificial cuando la primera, por sí sola, no garantice las condiciones de visibilidad adecuadas.
  - La iluminación de los lugares de trabajo debe cumplir las condiciones siguientes
    - La distribución de los niveles de iluminación será lo más uniforme posible.
    - Se procurará mantener niveles y contrastes de luminancia adecuados a las exigencias visuales de la tarea, evitando variaciones bruscas de luminancia dentro de la zona de operación, entre ésta y sus alrededores.
- Condiciones laborales generales:
  - Sueldo según experiencia
  - Prestaciones salariales
  - Bonificación e incentivos de trabajo
  - Jornada diurna
  - Horario de 8:00 a.m. a 5:00 p.m
  - Dos horas de almuerzo (12:00 hrs a 14:00 hrs)
- Caso práctico: realizar un análisis sobre las condiciones laborales en la planta piloto, mediante la observación directa, tanto para los trabajadores como para las personas que ingresan a las instalaciones, cubriendo todos los aspectos del entorno laboral.

### **2.5.8.3. Práctica 3. Productividad y calidad en el recurso humano**

La productividad es la medida de la efectividad con que funciona el sistema de operaciones. La importancia que tiene la productividad en el bienestar de un país y de la supervivencia de las organizaciones queda demostrada por ser uno de los temas de mayor interés en el momento actual. Para un gerente la productividad es decisiva, ya que indica el grado de eficiencia y competitividad de su empresa.

- Importancia de incrementar la productividad: desde el punto de vista del recurso humano, cabe mencionar que para una organización es de vital importancia tener personal productivo, ya que de ello depende el éxito de la misma.
  
- Factores que afectan la productividad: la medición de la productividad solo indica el primer paso para mejorarla. El segundo paso consiste en saber cuáles son los factores que afectan la productividad y en seleccionar los más apropiados para mejorarla en cualquier situación determinada. Se incluirán factores que puedan afectar la productividad de las operaciones:
  - Factores externos
  - Tipo de producción
  - Proceso productivo
  - Capacidad de producción
  - Factores relacionados con la fuerza de trabajo



La fuerza de trabajo se encuentra asociada con un gran número de subfactores:

- Selección
  - Colocación del personal
  - Capacitación
  - Diseño del trabajo
  - Supervisión
  - Estructura organizacional
  - Incentivos
  - Metas y sindicatos
- 
- Algunos de los factores que influyen en la productividad de interés básico pueden ser:
    - Fuerza de trabajo: la estructura de la fuerza de trabajo es un factor muy importante en la productividad.
    - Cambio de las actitudes y motivación del trabajador.
  
  - Factores que restringen el incremento de la productividad
    - Incapacidad de los dirigentes para fijar el tono y crear el clima propicio para el mejoramiento continuo de la productividad.
    - Problemas creados por reglamentos gubernamentales.
    - El tamaño y madurez de las organizaciones, tienen un efecto negativo sobre el aumento de la productividad.
    - Incapacidad de medir y evaluar la productividad de la fuerza de trabajo.

- Programas de mejoramiento de la productividad: algunos pasos que deben seguirse para lograr la medición, el compromiso y la retroalimentación en un programa de mejoramiento de la productividad son los siguientes:
  - Desarrollo de medidas productivas en todos los niveles de la organización.
  - Fijación de las metas para el mejoramiento de la productividad en términos de las medidas establecidas. Estas metas de productividad deben ser realistas y deben depender del tiempo.
  - Desarrollo de planes para alcanzar las metas. En este punto se debe de describir como se lograrán las metas.
  - Implantación del plan. Esto se hace normalmente a través de la organización de la línea.
  - Medición de los resultados. Este paso requiere la recolección de los datos de evaluación periódica en el avance en el logro de las metas establecidas en el paso de fijación de las metas. Si los resultados son los esperados, no se requerirá ninguna acción. Si el mejoramiento de la productividad se ha retrasado, se necesita tomar medidas correctivas o revisar las metas a la luz de las condiciones cambiantes.
  
- Estrategias de productividad:
  - Una primera repercusión de peso de la estrategia de productividad se da sobre las estructuras ocupacionales.
  - Tomando como referencia el marco de la empresa, cabe señalar que por más simples que sean, cualquier estrategia o conjuntos de

estrategias de productividad provocan tensiones o bien requieren un tiempo de aceptación o de adaptación.

- Los datos indican que es un error asociar la productividad con la eficiencia de la mano de obra, obteniendo por medio de la intensificación del trabajo de la planta, la reducción generalizada de costos, o la inversión de la nueva maquinaria. La competitividad ya no descansa solamente sobre los costos, sino en la capacidad de responder de manera eficiente a las exigencias del mercado.
  
- Administración de la productividad: con el propósito de mejora de la productividad, algunas organizaciones han creado programas sistémicos y coordinados de incremento de la productividad.
  
- Productividad mediante las personas: las actitudes de los trabajadores son de gran importancia para la productividad. Ante la tarea de mejorar la productividad, muchos gerentes se concentran en actualizar el equipo más en que desarrollar a los empleados, la experiencia muestra que esta técnica tiene poca eficacia.
  
- Mejoramiento de la productividad del trabajador: los planes de participación de utilidades en toda la compañía pueden dar muy buenos resultados en situaciones donde es posible supervisar y evaluar el desempeño individual. Además, con la participación de las utilidades puede aminorar la resistencia interna al cambio tecnológico y favorecer el trabajo en equipo en el personal.
  
- Administración de la calidad: es muy frecuente calificar a la calidad como una estrategia competitiva básica del negocio, en vez de solo otra

función del producto. Esto implica que una calidad en mente debe ser completamente saturada a través de la organización y sus funciones. Facilitar el cambio se ha transformado en uno de los empujes primarios de administración de los servicios de calidad, productividad.

- Caso práctico: realizar un análisis para la mejora de la productividad y recursos humanos en la planta piloto, tomando los siguientes puntos:
  - El entorno
  - Las características de la organización
  - Las características del trabajo
  - Las características de los individuos

## **2.6. Costos de la propuesta**

Los costos para implementar la propuesta de las prácticas comprende lo que es el monto de inversión para la implementación y ejecución de la planta piloto de producción de productos de limpieza ubicada en el Centro de Investigaciones de Ingeniería, la cual debe contener la maquinaria y el equipo necesaria para poderla operar, así como la materia prima, insumos y el personal que estará a cargo de la misma.

En la planta se debe contar con equipo de protección para todos los estudiantes que ingresen al laboratorio para poder realizar las prácticas correspondientes.

Los costos de la ejecución de la planta piloto son únicos en cuanto a la adquisición de la maquinaria; el costo del equipo de protección se debe realizar dependiendo la demanda y uso del mismo por lo regular serán de consumo alto

debido a que la mayor parte son desechables. El costo del recurso humano es la retribución que se les otorgara a las personas que estén de encargadas del laboratorio.

Tabla XCVII. **Costos de la propuesta del manual de prácticas de laboratorio**

| <b>Recurso</b>                                 | <b>Descripción</b>           | <b>Cantidad</b> | <b>Costo unitario</b> | <b>Costo total</b> |
|--|------------------------------|-----------------|-----------------------|--------------------|
| <b>Materiales</b>                              | Resmas de papel              | 2               | Q 50,00               | Q 100,00           |
|  | Impresiones                  | 500             | Q 0,50                | Q 250,00           |
|  | Encuadernación del manual    | 1               | Q 15,00               | Q 15,00            |
| <b>Maquinaria y equipo de la planta piloto</b> | Balanza                      | 2               | Q 7 500,00            | Q 15 000,00        |
|  | Lote de cristalería          | 1               | Q 2 000,00            | Q 2 000,00         |
|  | Mesa                         | 2               | Q 5 000,00            | Q15 000,00         |
|  | Estantería                   | 3               | Q 1 000,00            | Q 3 000,00         |
|  | Tanque mezclador             | 1               | Q 60 000,00           | Q 60 000,00        |
|  | Torqueadora                  | 1               | Q 10 000,00           | Q 10 000,00        |
|  | Compresor                    | 1               | Q 10 000,00           | Q 10 000,00        |
|  | Materia prima desinfectantes | 1               | Q 10 000,00           | Q 10 000,00        |
| <b>Equipo de Protección Personal</b>           | Guantes de látex             | 1 000           | Q 1,00                | Q 1 000,00         |
|  | Mascarillas desechables      | 1 000           | Q 0,5                 | Q 500,00           |
|  | Bata de laboratorio          | 25              | Q 150,00              | Q 3 750,00         |
|  | Casco de protección          | 25              | Q 50,00               | Q 1 250,00         |
|  | Lentes de protección.        | 25              | Q 20,00               | Q 500,00           |
|  |                              |                 |                       |                    |

Continuación de la tabla XCVII.

|                       |                          |   |            |              |
|-----------------------|--------------------------|---|------------|--------------|
| <b>Recurso humano</b> | Encargado de laboratorio | 1 | Q 2 644,40 | Q 2 644,40   |
|                       |                          |   |            |              |
| <b>Total</b>          |                          |   |            | Q 135 009,40 |

Fuente: elaboración propia.

### **3. FASE DE INVESTIGACIÓN. PLAN DE RECICLAJE PARA LA REUTILIZACIÓN DE DESECHOS PLÁSTICOS CON ENVASES PET EN LA SECCIÓN DE GESTIÓN DE LA CALIDAD**

#### **3.1. Situación actual de reciclaje con envases PET en la sección de Gestión de la Calidad**

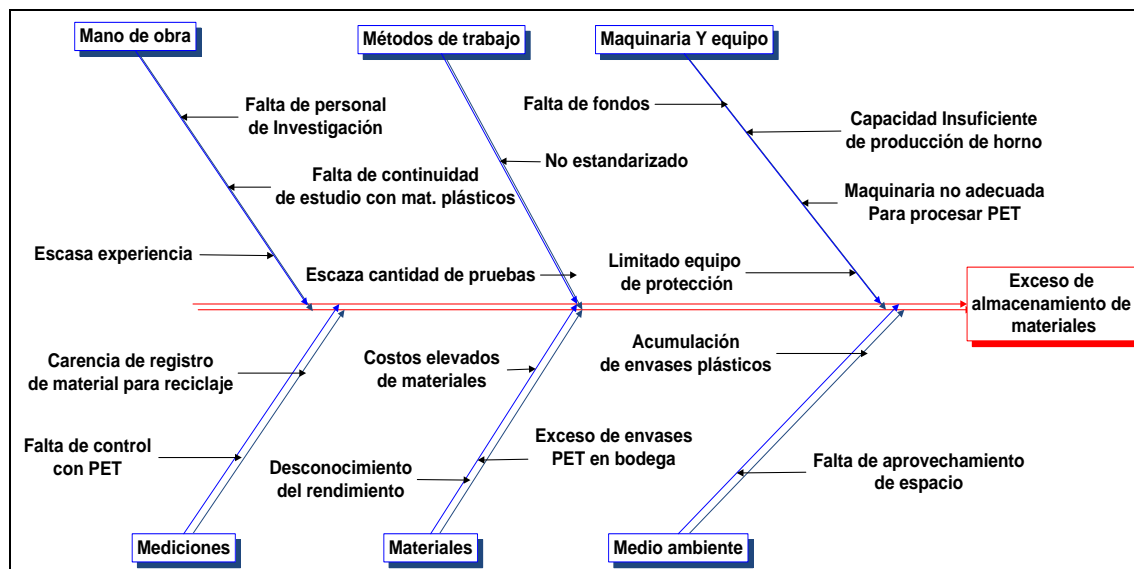
El área de ensayos de la sección se encuentra en la parte posterior de las instalaciones, cuenta con un espacio para de almacenamiento de los proyectos que actualmente se trabajan; además cuenta con una ruta de evacuación que esta continua al laboratorio, sin embargo esta ruta se encuentra bloqueada por la acumulación de materiales para la realización de pruebas de ensayo, siendo estos materiales de *tetrabrik*, así como de envases plásticos, de los cuales se fueron acumulando debido a que ya no se continuó con el trabajo de envases PET.

En el diagnóstico se utilizó la herramienta de diagrama causa y efecto, teniendo como problema central el exceso de acumulación de materiales en la bodega analizada, y se agruparon las causas potenciales en las seis ramas principales, las cuales son:

- Maquinaria y equipo
- Métodos de trabajo
- Mano de obra
- Mediciones

- Materiales
- Medio ambiente

Figura 83. **Diagrama causa–efecto. Utilización de envases PET acumulados**



Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Visio 2007.

### 3.2. Estudios actuales con envases PET

En la SGD se han desarrollado proyectos con envases plásticos de posconsumo. En el primer semestre del 2015 el jefe de la Sección empieza a plantear y analizar la posibilidad de desarrollar un proyecto de estudio de producción de bloques a base del material PET triturado y un aglomerante de *tetrabrik* o aserrín, para determinar la factibilidad del proyecto.



### **3.3. Propuesta de plan de reciclaje con envases PET**

Con base en la elaboración de bloques de PET y baldosas se desarrolló las pruebas de producción de baldosas en el taller de carpintería del Centro de Investigaciones de Ingeniería.

#### **3.3.1. Recolección y almacenamiento de materia prima**

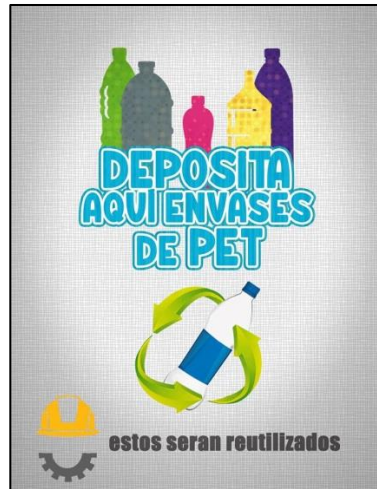
Para llevar a cabo una recolección de materiales como envases plásticos de posconsumo utilizados se debe de realizar una campaña de reutilización de desechos; esta puede consistir en la colocación de recipientes específicos para depositar envases de PET en la Facultad de Ingeniería para poder recaudar y poner a la disposición los envases para su reutilización y así darles un uso adecuado en la fabricación de productos a base de reciclados.

Figura 84. **Contenedor para reciclaje**



Fuente: *Hogares ecológicos*. <http://www.transformahogar.com/fotos/subfamilias/weber-120-amarillo.jpg>. Consulta: marzo de 2015.

Figura 85. **Imagen de campaña para colocar en los contenedores para reciclado de envases PET**





Fuente: elaboración propia.

### **3.3.2. Control de pruebas y uso de materia prima en los ensayos**

Para tener un control adecuado de las pruebas que se realizan para la fabricación de los bloques de PET se tendrá un registro en donde se ingresarán en el formato los datos solicitados.

Figura 86. Formato de registro de pruebas y uso de materia prima PET

|   |             |                 |  |  |
|---|-------------|-----------------|--|--|
|  UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA<br>CENTRO DE INVESTIGACIONES DE INGENIERIA<br>SECCION DE GESTION DE LA CALIDAD  |             |                 |  |  |
| <b>RECICLADO DE PET</b>   |             |                 |  |  |
| <b>REGISTRO DE PRUEBAS Y USO DE MATERIA PRIMA</b>   |             |                 |  |  |
| Realizado por:  |             |                 |  |  |
| Carné:  |             | Fecha:          |  |  |
| Dimensiones de molde:   |             |                 |  |  |
| Limpieza de molde:  | SI          | NO              |  |  |
| <b>MATERIA PRIMA</b>  |             |                 |  |  |
| Proporción:   | % Plástico  | % Aglomerante   |  |  |
| Cantidad de envases:  |             |                 |  |  |
| Peso de material triturado aglomerante:   |             |                 |  |  |
| Peso de material triturado plástico:  |             |                 |  |  |
| Cantidad de capas de material aglomerante   |             |                 |  |  |
| Cantidad de capas de plástico   |             |                 |  |  |
| Capas de papel aluminio:  |             |                 |  |  |
| Otros materiales:   |             |                 |  |  |
| <b>MAQUINARIA</b>   |             |                 |  |  |
| Presión (toneladas):  |             |                 |  |  |
| Tiempo de prensado (minutos):   |             |                 |  |  |
| <b>FUNDICIÓN</b>  |             |                 |  |  |
| HORNO:  |             | PISTOLA DE GAS: |  |  |
| Temperatura inicial:  |             |                 |  |  |
| Temperatura final:  |             |                 |  |  |
| Tiempo de precalentado (minutos):   |             |                 |  |  |
| Tiempo de horneado/calentado (minutos):   |             |                 |  |  |
| <b>PRODUCTO TERMINADO</b>   |             |                 |  |  |
| Largo (cm):   | Ancho (cm): | Altura (cm):    |  |  |
| Peso final (gramos):  |             |                 |  |  |
| Código asignado:  | PPET-       |                 |  |  |
| Observaciones:  |             |                 |  |  |
| <table border="1" style="width: 100%; height: 30px;"> <tr> <td></td> </tr> </table>   |             |                 |  |  |
|   |             |                 |  |  |

Fuente: elaboración propia.

### 3.3.3. Proceso de producción

Para la elaboración del prototipo de los bloques, se utilizó PET y *tetrabrik* molido como aglomerante. También se puede utilizar en el proceso de producción el aserrín como aglomerante.

- Materiales
  - PET molido (aglomerado)
  - *Tetrabrik* molido (aglomerante)
  - Papel aluminio (aislante)
  
- Equipo
  - Horno industrial (260 °C)
  - Prensa neumática
  - Balanza
  - Molde desmontable metálico (16 cm x 16 cm x 16 cm)
  - Equipo de protección personal (guantes, lentes, botas industriales)
  
- Proceso de producción: antes de iniciar con la fabricación de los bloques de PET, se necesita tener la materia prima del aglomerado como del aglomerante triturado para poder realizar el proceso por medio del horno industrial. La sección de Gestión de la Calidad cuenta con un molino de corte para el proceso de triturado.
  - Preparar molde: el molde debe de pasar por el proceso de limpieza, armado y verificación para poder desarrollar la prueba del prototipo satisfactoriamente.

Figura 87. Preparación de molde para la fabricación de bloques de PET



Fuente: taller de carpintería, CII/USAC.

Preparación de materiales: la materia prima que se utiliza se debe de medir en la balanza la cantidad que se desea utilizar. En este caso se utilizó de material un total 0,75 libras, del cual 80 % plástico y 20 % *tetrabrik*. Se debe de tomar en cuenta el peso del recipiente en la balanza para poder realizar adecuadamente la medición.

$$Pet = (0,75 \text{ libras})(80 \%) = 0,6 \text{ libras} * \frac{453,592 \text{ g}}{1 \text{ lb}} = 272,15 \text{ gr}$$

$$Tetrabrik = (0,75 \text{ libras})(20 \%) = 0,15 \text{ libras} * \frac{453,592 \text{ g}}{1 \text{ lb}} = 68 \text{ gr}$$

Figura 88. **Preparación de materiales, mediciones en balanza**



Fuente: taller de carpintería, CII/USAC.

Colocación de papel aluminio en molde: en el molde se coloca el papel aluminio que servirá como aislante para que no se adhiera el prototipo al molde.

Figura 89. **Colocación de papel aluminio en la parte posterior de molde**



Fuente: taller de carpintería, CII/USAC.

Colocar capa de materiales (1 capa proporcional de pet y *tetrabrik*)

Figura 90. **Colocación de capas proporcionales de material**



Fuente: taller de carpintería, CII/USAC.

Cubrir material con papel aluminio: luego de terminar de colocar el material proporcional en el molde se debe de cubrir con el papel aluminio, con el fin de que no quede adherido al molde.

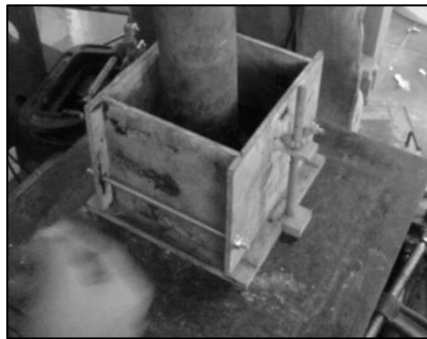
Figura 91. **Colocación de papel aluminio para cubrir las capas de material**



Fuente: taller de carpintería, CII/USAC.

Tapar molde: se debe de cubrir el molde con su tapadera metálica para poder introducirla al horno para su compactación.

Figura 92. **Colocar tapadera en molde**



Fuente: taller de carpintería, CII/USAC.

Introducir molde en horno: el molde se introduce en el horno para empezar el proceso de horneado. Al momento de encender el horno se debe de dar un tiempo de 1 hora para poder alcanzar la temperatura de 260 °C. El tiempo de horneado debe ser de 1 hora para poder alcanzar la fusión de los materiales.

Figura 93. **Introducir molde a horno**



Fuente: taller de carpintería, CII/USAC



Retirar molde de horno: después del proceso de horneado, se procede a retirar el molde del horno.

Figura 94. **Retiro de molde después del proceso de horneado**



Fuente: taller de carpintería, CII/USAC

Proceso de prensado de panel: el molde se traslada a la prensa neumática para poder realizar el proceso de prensado; se le deben de aplicar 6 toneladas de presión, con un tiempo de 5 minutos.

Figura 95. **Proceso de prensado**



Fuente: taller de carpintería, CII/USAC

Proceso de desmontaje: después de retirar el molde de la prensa se procede a desmontar el molde para obtener el producto final; esto se realiza de una forma ordenada y precisa con el fin de no dañar el prototipo.

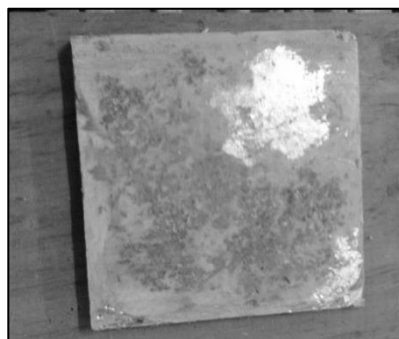
Figura 96. **Proceso de desmontaje de molde**



Fuente: taller de carpintería, CII/USAC

Producto final: luego de realizar el desmontaje del horno se procede a obtener el prototipo en el que se trabajó, se retira el papel aluminio que se colocó al inicio del proceso, se inspecciona y se realizan procesos de acabado según sea el resultado de la muestra.

Figura 97. **Prototipo de PET elaborado**

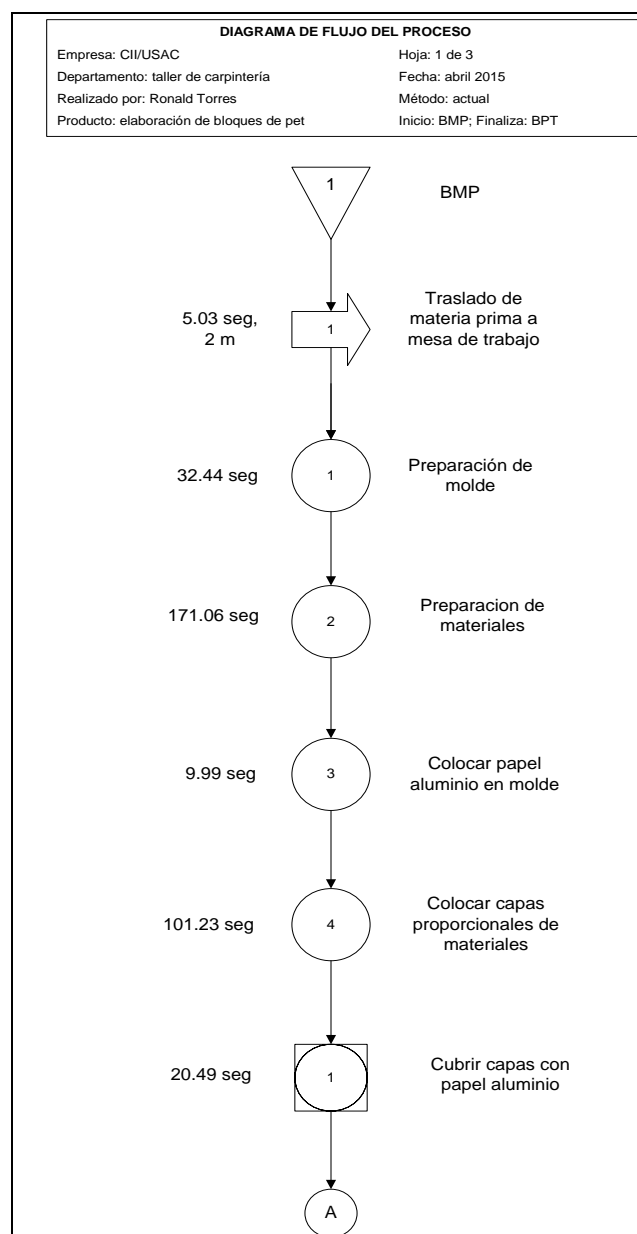


Fuente: taller de carpintería, CII/USAC

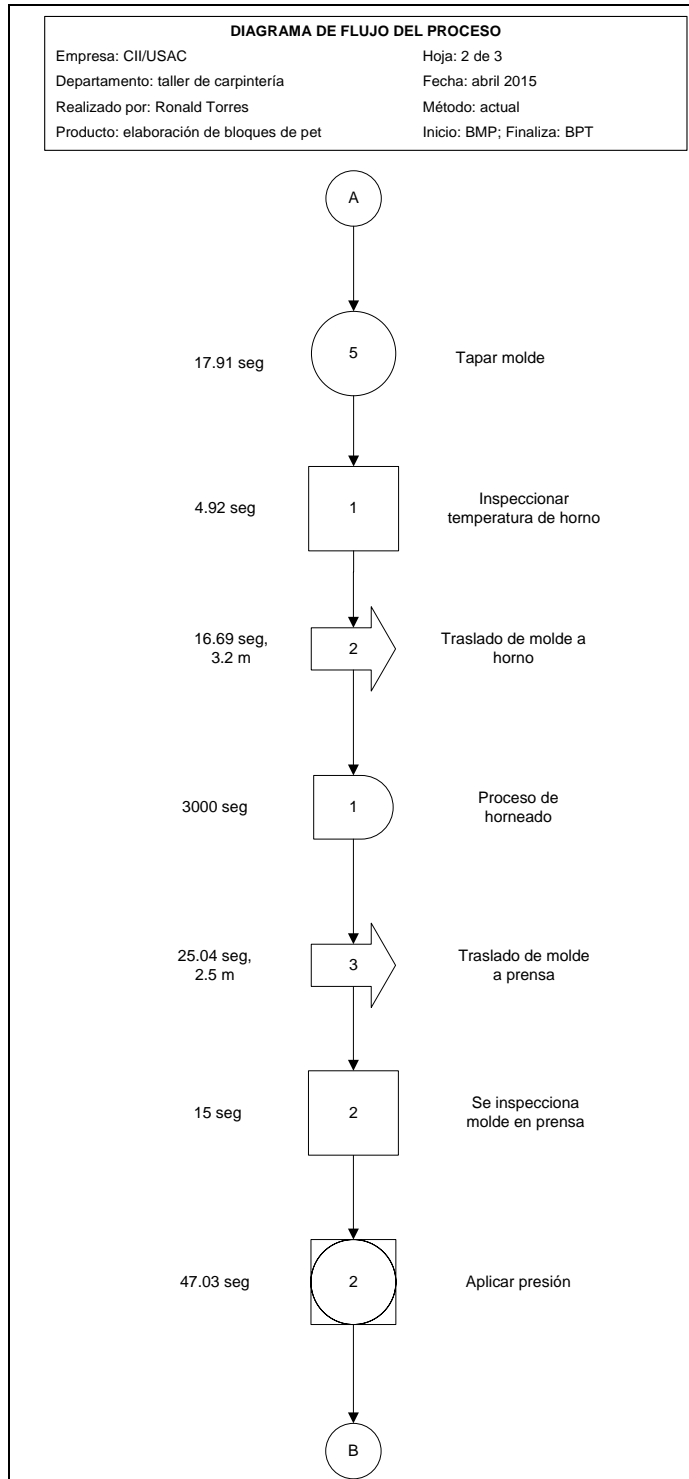
### 3.3.4. Diagrama de flujo del proceso

El diagrama de flujo representa de manera gráfica la secuencia del proceso de la fabricación de los bloques de PET.

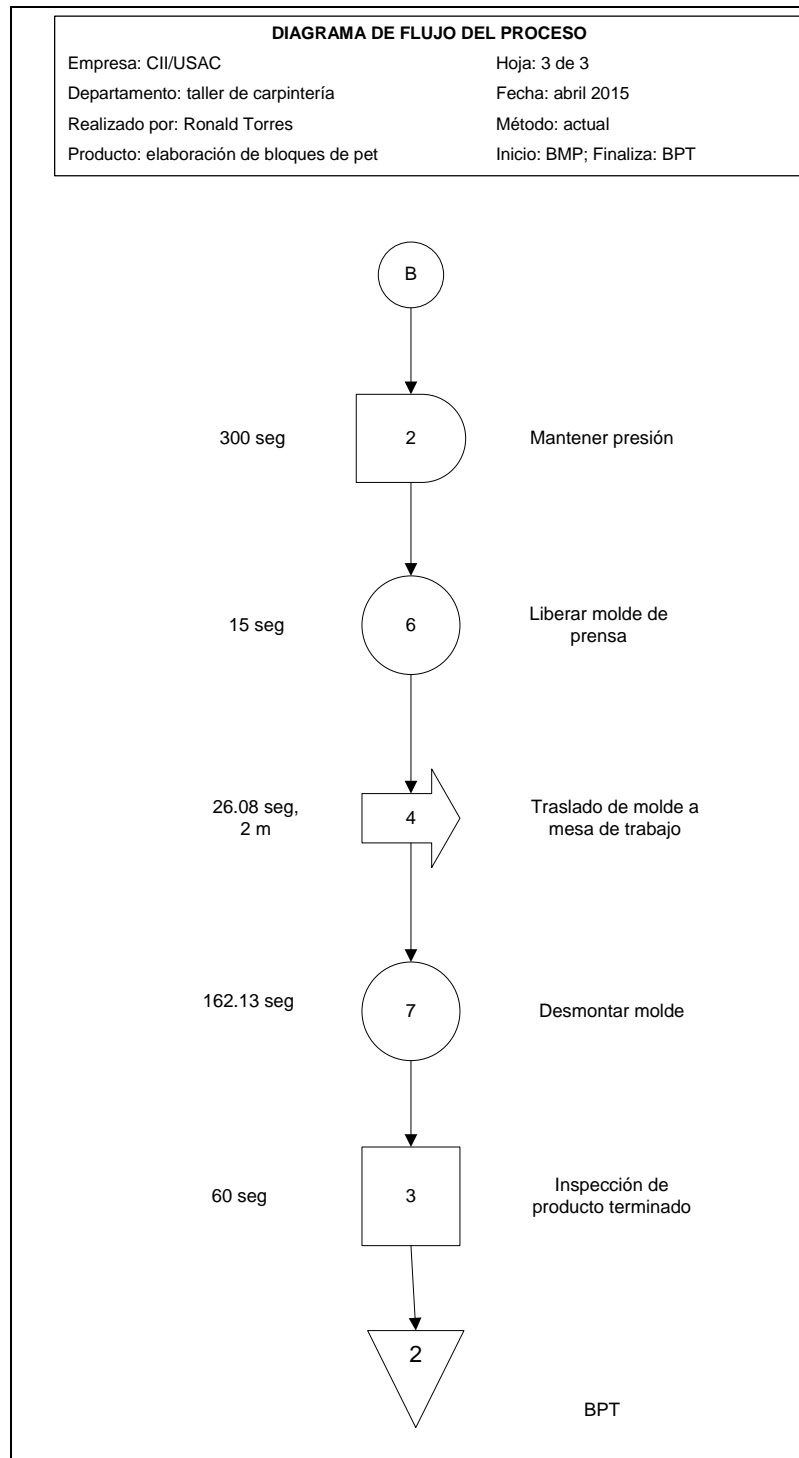
Figura 98. Diagrama de flujo, elaboración bloques de PET









Continuación de la figura 98.



Continuación de la figura 98.



Continuación de la figura 98.

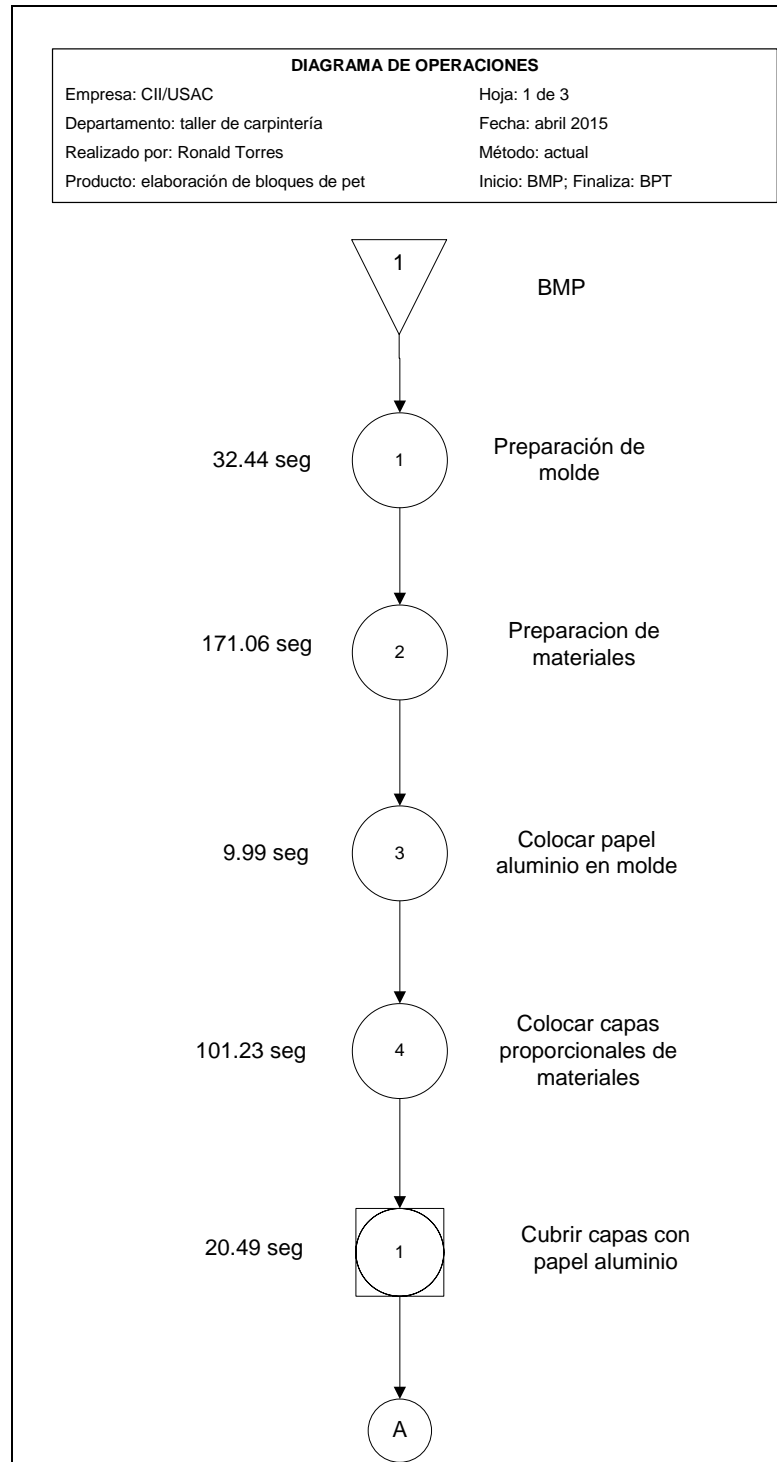
| RESUMEN   |              |          |              |               |
|---|--------------|----------|--------------|---------------|
| SÍMBOLO   | OPERACIÓN    | CANTIDAD | TIEMPO (Seg) | DISTANCIA (m) |
|    | OPERACIÓN    | 7        | 510.3        |               |
|    | INSPECCIÓN   | 3        | 79.92        |               |
|    | COMBINADA    | 2        | 67.52        |               |
|    | DEMORA       | 2        | 3300         |               |
|   | TRANSPORTE   | 4        | 72.84        | 9.7 m         |
|  | BODEGA       | 2        |              |               |
|   | <b>TOTAL</b> | 18       | 4030.58      | 9.7 m         |

Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Visio 2007.

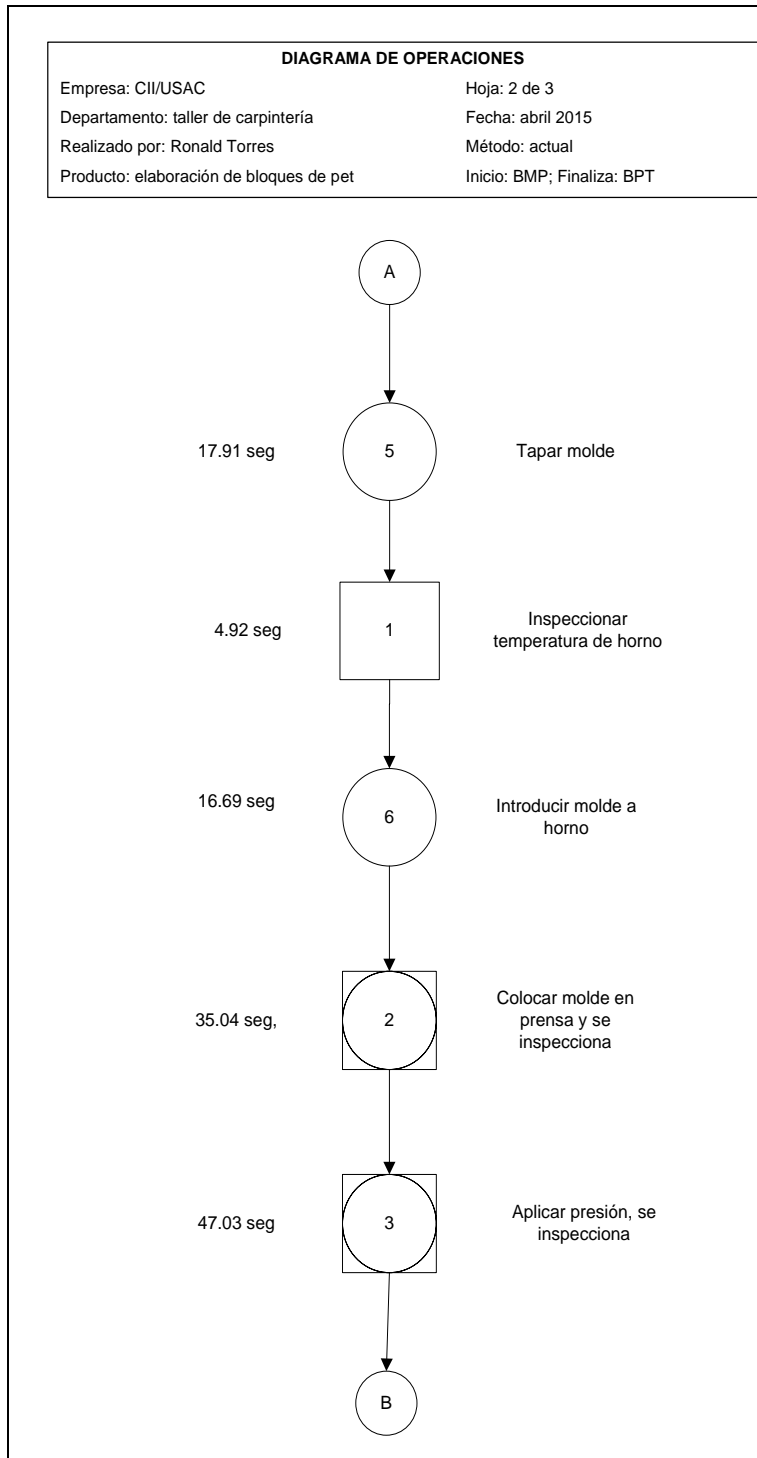
### 3.3.5. Diagrama de operaciones del proceso

Al igual que el diagrama de flujo del proceso, este diagrama de operaciones es una representación gráfica simplificada de la secuencia del proceso de producción. Los símbolos utilizados son los de bodega, operaciones e inspección.

Figura 99. Diagrama de operaciones, elaboración bloques de PET

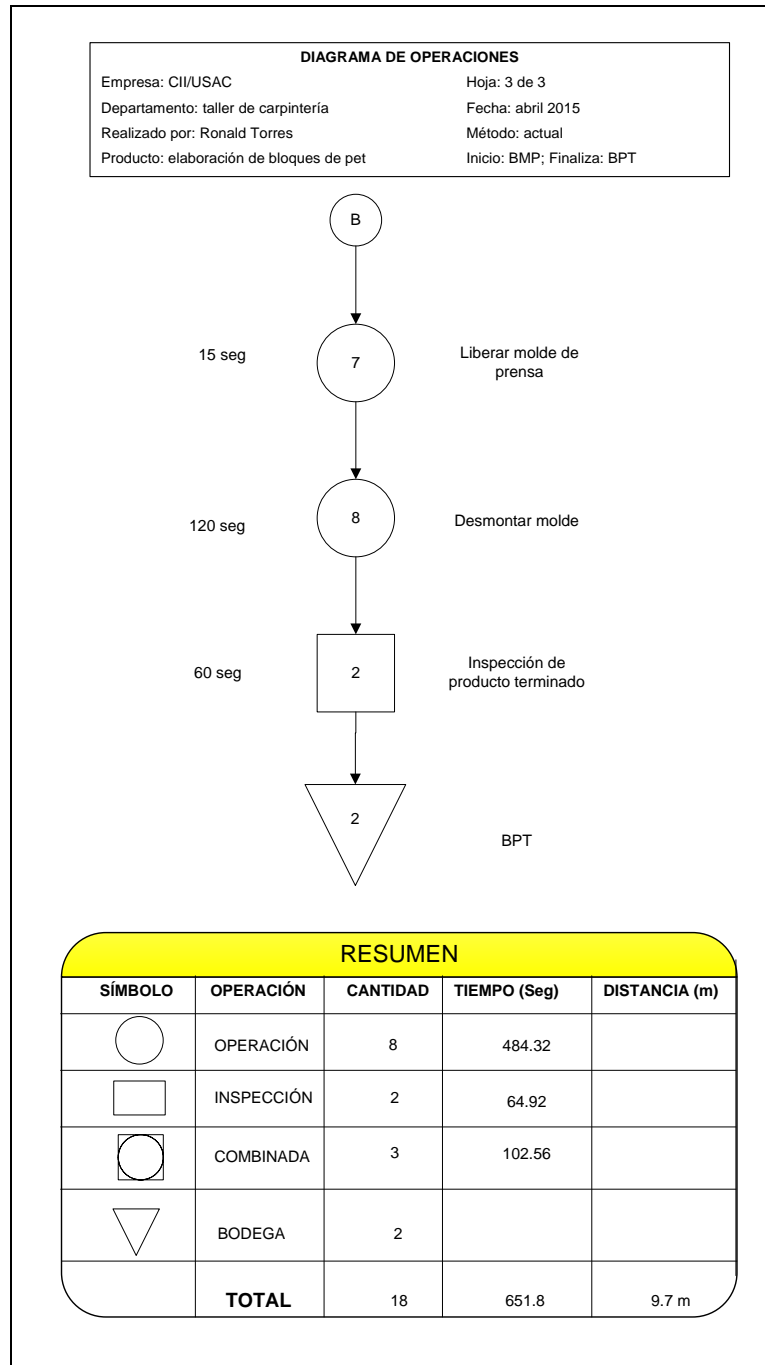


Continuación de la figura 99.





Continuación de la figura 99.



Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Visio 2007.

### 3.4. Costos de la propuesta

Los costos para la propuesta del plan de reciclaje abarcan desde la divulgación del plan hasta la compra de contenedores para la recolección de envases para el proceso de producción de los bloques de PET.

Tabla XCVIII. **Costo general del plan de reciclaje para la reutilización de desechos plásticos con envases PET**

| Descripción               | Cantidad | Precio unitario | Total              |
|---------------------------|----------|-----------------|--------------------|
| Mantas y rótulos          | 5        | Q 50,00         | Q 250,00           |
| Contenedor para reciclaje | 3        | Q 300,00        | Q 900,00           |
| Sierra                    | 1        | Q 900,00        | Q 900,00           |
| Papel aluminio            | 50       | Q 10,00         | Q 500,00           |
| Horno industrial          | 1        | Q 25 000,00     | Q 25 000,00        |
| Gafas protectoras         | 2        | Q 60,00         | Q 120,00           |
| Mascarilla desechable     | 60       | Q 1,00          | Q 60,00            |
| Guantes protectores       | 2        | Q 52,00         | Q 104,00           |
| <b>TOTAL</b>              |          |                 | <b>Q 27 834,00</b> |

Fuente: elaboración propia.

Los costos pueden variar dependiendo de la cantidad de las personas involucradas; en el cuadro anterior está descrita para que trabajen 2 personas únicamente.

## **4. FASE DE DOCENCIA. PLAN DE CAPACITACIÓN**

La sección de Gestión de la Calidad por parte de sus atribuciones en nombramiento del Centro de Investigaciones, tiene como función de impartir capacitaciones a todo el personal que trabaje en el CII, para que todos los trabajadores adquieran los mismos conocimientos constantemente y puedan desarrollar sus actividades de una mejor manera.

### **4.1. Diagnóstico de necesidades de capacitación**

Para realizar el diagnóstico se utilizó un formato de entrevista estructurada, para conocer las necesidades de capacitación en el Centro de Investigaciones en relación con los temas actuales que se trabajan en la sección de Gestión de la Calidad. (Ver apéndice 1, formato de entrevista).

### **4.2. Plan de capacitación**

La capacitación al personal se debe ejecutar constantemente, para fortalecer los métodos y los conocimientos del personal de la institución.

El plan va dirigido al personal del CII, así como a los estudiantes de la Facultad de Ingeniería que estén involucrados con el estudio, desarrollo e innovación en la creación de productos nuevos y ecológicos.

El Centro de Investigaciones está en proceso de acreditación de ensayos de laboratorio por lo que se imparten capacitaciones en relación con la Norma ISO 17025:2005, por lo cual se requiere capacitar a todo el personal encargado

de los ensayos de laboratorio, para que se logre la acreditación de los mismos y con esto mejorar y actualizar todos los procesos que se trabajan actualmente.

- **Objetivos del plan:**
  - Capacitar al personal del Centro de Investigaciones en el tema de acreditación de ensayo de laboratorios con base en la Norma ISO 17025:2005.
  - Informar al personal de la sección de Gestión de la Calidad de nueva incorporación sobre los estudios actuales que se desarrollan con nuevos productos y seguridad industrial en el laboratorio.
  - Capacitar a los estudiantes y personal del Centro de Investigaciones en el uso y manejo de extintores.
  - Crear conocimientos sobre los principios de gestión de la calidad.
  - Informar a los estudiantes en los temas de investigación que se desarrollan en la sección, para que participen en la creación de nuevos productos.
  
- **Metodología:** las capacitaciones se realizan se forma presencial, en un salón de capacitaciones adecuado para el material audiovisual. En el caso de las capacitaciones debe involucrarse la parte práctica; se desarrollaran en un laboratorio de la Facultad, dependiendo del tema impartido. En el caso de uso y manejo de extintores se debe desarrollar en un área abierta, que no represente ninguna amenaza para la integridad física de las personas.

Tabla XCIX. **Plan de capacitación ejecutado**

| <b>Tema</b>  | <b>Fecha</b> | <b>Lugar</b>                  | <b>Personal a cargo</b>                | <b>Institución</b> |
|--|--------------|-------------------------------|--|--------------------|
| Principios de gestión de la calidad  | 13/08/2014   | Ciudad Universitaria, zona 12 | Jefe de Sección de la Calidad          | CII/USAC           |
| Formación de formadores  | 25/08/2014   | Ciudad Universitaria, zona 12 | Jefe de Sección de la Calidad          | CII/USAC           |
| Taller teórico producción artesanal  | 02/10/2014   | Ciudad Universitaria, zona 12 | Jefe de Sección de la Calidad          | CII/USAC           |
| Taller práctico producción artesanal   | 09/10/2014   | Ciudad Universitaria, zona 12 | Epesistas, practicantes                | CII/USAC           |
| Acciones correctivas, preventivas y mejora continua, acreditación ISO 17025:2005 | 03/11/2014   | Ciudad Universitaria, zona 12 | Jefe de Sección de la Calidad<br>SIECA | SIECA              |
| Especificaciones para realizar productos innovadores                             | 18/10/14     | Ciudad Universitaria, zona 12 | Epesista                               | SGD/CII            |
| Inducción a personal nuevo de la sección de Gestión de la Calidad                | 04/02/15     | Ciudad Universitaria, zona 12 | Epesista                               | SGD/CII            |
| Inducción a la Norma ISO 17025:2005 Calibración de ensayos de laboratorio        | 12/02/2015   | Ciudad Universitaria, zona 12 | Jefe de Sección de la Calidad          | CII/USAC           |

Continuación de la tabla XCIX.

|   |            |                               |   |          |
|---|------------|-------------------------------|---|----------|
| Taller teórico elaboración de producción artesanal  | 16/04/2015 | Ciudad Universitaria, Zona 12 | Jefe de Sección de la Calidad<br>Epesista tesista | CII/USAC |
| Taller práctico elaboración de producción artesanal | 23/04/2015 | Ciudad Universitaria, Zona 12 | Jefe de Sección de la Calidad<br>Epesista         | CII/USAC |

Fuente: elaboración propia.

Tabla C. **Plan de capacitación propuesto**

| Tema   | Frecuencia | Duración           | Personal a cargo                          | Institución |
|--|------------|--------------------|---|-------------|
| Principios de gestión de la calidad                  | Semestral  | 1 hora por sesión  | Jefe de Sección de la Calidad             | CII/USAC    |
| Formación de formadores                              | Semestral  | 1 hora por sesión  | Jefe de Sección de la Calidad             | CII/USAC    |
| Taller teórico producción artesanal                  | Semestral  | 2 horas por sesión | Tesistas, epesistas                       | CII/USAC    |
| Taller práctico producción artesanal                 | Semestral  | 3 horas por sesión | Tesistas, epesistas, practicantes         | CII/USAC    |
| Especificaciones para realizar productos innovadores | Semestral  | 1 hora por sesión  | Jefe de Sección de la Calidad<br>Epesista | CII/USAC    |

Continuación de la tabla C.

|  |           |                    |                               |          |
|--|-----------|--------------------|-------------------------------|----------|
| Inducción a personal nuevo de la Sección de Gestión de la Calidad                            | Semestral | 1 hora por sesión  | Tesistas<br>epesistas         | CII/USAC |
| Capacitación de uso de extintores  | Semestral | 1 hora por sesión  | Jefe de Sección de la Calidad | CII/USAC |
| Inducción a la Norma ISO 17025:2005 Calibración de ensayos de laboratorio capítulos 1,2,3,4  | Semestral | 2 horas por sesión | Jefe de Sección de la Calidad | CII/USAC |
| Norma ISO 17025:2005 (acreditación) Calibración de ensayos de laboratorio capítulos 4,5,6    | Semestral | 2 horas por sesión | Jefe de Sección de la Calidad | CII/USAC |
| Norma ISO 17025:2005 (acreditación) Calibración de ensayos de laboratorio capítulos 7,8,9    | Semestral | 2 horas por sesión | Jefe de Sección de la Calidad | CII/USAC |
| Norma ISO 17025:2005 (acreditación) calibración de ensayos de laboratorio capítulos 10,11,12 | Semestral | 2 horas por sesión | Jefe de Sección de la Calidad | CII/USAC |

Continuación de la tabla C.



|   |           |                       |                                     |          |
|---|-----------|-----------------------|-------------------------------------|----------|
| Norma ISO<br>17025:2005<br>(acreditación)<br>calibración de<br>ensayos de<br>laboratorio<br>capítulos<br>13,14,15 | Semestral | 2 horas por<br>sesión | Jefe de<br>Sección de<br>la Calidad | CII/USAC |
|---|-----------|-----------------------|-------------------------------------|----------|

Fuente: elaboración propia.

En las capacitaciones se debe de llevar un registro de participación de las personas que asistan. Esto con el fin de tener un control de la cantidad de asistentes.




Figura 100. **Listado de asistencia de capacitaciones**

|  | UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA<br>CENTRO DE INVESTIGACIONES DE INGENIERIA<br>SECCIÓN DE GESTIÓN DE LA CALIDAD |  |                      |        |          |       |
|---|---|---|----------------------|--------|----------|-------|
| <b>LISTADO DE ASISTENCIA</b>  |   |   |                      |        |          |       |
| <b>Fecha:</b>   |   | <b>Hora:</b>  |                      |        |          |       |
| <b>Expositor:</b>   |   |   |                      |        |          |       |
| <b>Tema de capacitación:</b>  |   |   |                      |        |          |       |
| No.   | Nombre Y apellido   | Seccion   | Registro de personal | Correo | Teléfono | Firma |
| 1   |   |   |                      |        |          |       |
| 2   |   |   |                      |        |          |       |
| 3   |   |   |                      |        |          |       |
| 4   |   |   |                      |        |          |       |
| 5   |   |   |                      |        |          |       |
| 6   |   |   |                      |        |          |       |
| 7   |   |   |                      |        |          |       |
| 8   |   |   |                      |        |          |       |
| 9   |   |   |                      |        |          |       |
| 10  |   |   |                      |        |          |       |
| 11  |   |   |                      |        |          |       |
| 12  |   |   |                      |        |          |       |
| 13  |   |   |                      |        |          |       |
| 14  |   |   |                      |        |          |       |
| 15  |   |   |                      |        |          |       |
| 16  |   |   |                      |        |          |       |
| 17  |   |   |                      |        |          |       |
| 18  |   |   |                      |        |          |       |
| 19  |   |   |                      |        |          |       |
| 20  |   |   |                      |        |          |       |


Fuente: elaboración propia.

- Evaluación de la capacitación: para evaluar el nivel de satisfacción que tuvo la capacitación impartida se diseñó un formato en el cual los participantes pueden aportar su percepción de la misma para mejorar y retroalimentar temas en las futuras capacitaciones.

Figura 101. **Formato de evaluación de la capacitación**



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
CENTRO DE INVESTIGACIONES DE INGENIERIA  
SECCIÓN DE GESTIÓN DE LA CALIDAD



**EVALUACIÓN DE LA CAPACITACIÓN**

Instrucciones: responda las siguientes preguntas con una X en la casilla que usted considere objetiva para su respuesta.

Fecha: \_\_\_\_\_

Tema: \_\_\_\_\_



1. ¿El tema de la capacitación considera que es adecuado en relación con su área de trabajo?  
 sí  NO
2. ¿Considera que la duración de la capacitación es la adecuada?  
 sí  Mas Extensa  Mas Breve
3. ¿La capacitación llenó sus expectativas?  
 sí  NO
4. ¿La persona que impartió la capacitación demostró dominio del tema?  
 sí  NO
5. ¿Cómo califica las instalaciones físicas del salón de la capacitación?  
 Muy Bueno  Bueno  Regular  Malo

Observaciones:

Fuente: elaboración propia.

- Formato de informe y comentario personal: para determinar el grado de percepción, atención de los participantes se les proporciona un formato en el cual deben escribir un breve resumen del tema impartido, su comentario personal y las observaciones que desean añadir para tomar en cuenta para la mejora de las capacitaciones que se impartirán en futuras oportunidades.

Figura 102. **Formato de informe y comentario personal**

|   |                |               |                     |                        |               |   |                            |                       |
|---|----------------|---------------|---------------------|------------------------|---------------|---|----------------------------|-----------------------|
|  UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA<br>CENTRO DE INVESTIGACIONES DE INGENIERÍA<br>SECCIÓN DE GESTIÓN DE LA CALIDAD    |                |               |                     |                        |               |   |                            |                       |
| <b>INFORME Y COMENTARIO PERSONAL</b>  |                |               |                     |                        |               |   |                            |                       |
| <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr><td><b>Nombre:</b></td></tr> <tr><td><b>Cargo:</b></td></tr> <tr><td><b>Institución:</b></td></tr> <tr><td><b>Tema impartido:</b></td></tr> <tr><td style="text-align: right;"><b>Fecha:</b></td></tr> <tr><td><b>Escriba un breve resumen sobre el Tema</b></td></tr> <tr><td><b>Comentario personal</b></td></tr> <tr><td><b>Observaciones:</b></td></tr> </table> | <b>Nombre:</b> | <b>Cargo:</b> | <b>Institución:</b> | <b>Tema impartido:</b> | <b>Fecha:</b> | <b>Escriba un breve resumen sobre el Tema</b> | <b>Comentario personal</b> | <b>Observaciones:</b> |
| <b>Nombre:</b>  |                |               |                     |                        |               |   |                            |                       |
| <b>Cargo:</b>   |                |               |                     |                        |               |   |                            |                       |
| <b>Institución:</b>   |                |               |                     |                        |               |   |                            |                       |
| <b>Tema impartido:</b>  |                |               |                     |                        |               |   |                            |                       |
| <b>Fecha:</b>   |                |               |                     |                        |               |   |                            |                       |
| <b>Escriba un breve resumen sobre el Tema</b>   |                |               |                     |                        |               |   |                            |                       |
| <b>Comentario personal</b>  |                |               |                     |                        |               |   |                            |                       |
| <b>Observaciones:</b>   |                |               |                     |                        |               |   |                            |                       |

Fuente: elaboración propia.

#### **4.3. Resultados de la capacitación**

Con base en el plan de capacitación los resultados que se esperan lograr son del personal capacitado para la acreditación de ensayos de laboratorio, del Centro de Investigaciones de Ingeniería bajo la Norma ISO 17025:2005.

Por parte de la sección, con las capacitaciones impartidas se espera obtener los resultados de:

- Capacitación de estudiantes en la elaboración de productos, nuevos, innovadores y ecológicos.
- Desarrollo de habilidades para los estudiantes en el área de producción.
- Conocimiento sobre seguridad industrial en un laboratorio industrial.
- Conocimiento en los estudiantes de los planes de respuesta ante una emergencia.
- Estudiantes capacitados en el uso y manejo de extintores y equipo contra incendios.

#### **4.4. Costos de la propuesta**

Los costos de las capacitaciones que se imparten por el Centro de Investigaciones por ser parte de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, no tienen algún costo de participación, ya que son dirigidas para los estudiantes de la Facultad y personal del centro.

Únicamente se tomaron los gastos de organización que se describen a continuación.

Tabla Cl. **Costos de la propuesta de capacitación**

| <b>Descripción</b>        | <b>Cantidad</b> | <b>Precio Unitario</b> | <b>Total</b> |
|---------------------------|-----------------|------------------------|--------------|
| Resma de papel            | 4               | Q 50,00                | Q 200,00     |
| Lapiceros                 | 96              | Q 1,25                 | Q 120,00     |
| Impresiones               | 800             | Q 0,50                 | Q 400,00     |
| Marcadores de pizarrón    | 3               | Q 10,00                | Q 30,00      |
| Folder                    | 50              | Q 2,00                 | Q 100,00     |
| Almohadilla para pizarrón | 2               | Q 15,00                | Q 30,00      |
| <b>Total</b>              |                 |                        | Q 880,00     |

Fuente: elaboración propia.



## CONCLUSIONES

1. Mediante el análisis de la situación actual de la sección se determinó que como parte de sus funciones es la creación de productos innovadores y ecológicos, con apoyo de las autoridades de la facultad y de instituciones que aportan recursos económicos, donación de maquinaria, herramienta y equipo, la sección se encuentra trabajando paralelamente proyectos que ejecuta de manera propia y conjunta con estudiantes de la facultad de Ingeniería que realizan su trabajo de graduación, así como la gestión de una planta piloto de producción de desinfectante que sea autosostenible.
2. Por medio del diagnóstico se determinó que en la sección no existían normas para realizar los ensayos, por lo que se desarrolló el listado de normas básicas de laboratorio para que todos los estudiantes que ingresen a realizar su práctica tengan conocimiento de las normas generales establecidas para cuidar su integridad física, así como el uso y manejo adecuado del equipo, y la maquinaria para mantenerla en óptimas condiciones.
3. Por medio de la recopilación de datos, utilizando el método de la observación directa e indirecta y entrevistas no estructuradas, se obtuvo el contenido actual de las prácticas que se imparten por parte de los catedráticos auxiliares tomando estos contenidos como base en el diseño de las prácticas para los cursos de ingeniería de plantas, ingeniería de métodos, controles industriales, control de la producción,

para ser desarrollados en la línea de producción que se tiene proyectado implementar en el Centro de Investigaciones.

4. Al establecer la línea de producción en el Centro de Investigaciones, el estudiante se involucrará con casos reales de producción fortaleciendo su formación académica, como se ha trabajado con la fabricación de prototipos en la sección de Gestión de la Calidad.
5. Con base en los contenidos actuales de los cursos del Área de Producción y Administración de EMI, se utilizaron métodos de análisis para el desarrollo de las prácticas, tomando las herramientas de los cursos profesionales como los diagramas de procesos, herramientas de la calidad, toma de tiempos, métodos de trabajo, seguridad industrial.
6. El diseño del plan de reciclaje contiene el proceso de producción de bloques de PET, incluye desde la recolección de la materia prima hasta la fabricación del prototipo, su función principal es la reutilización de envases plásticos de posconsumo, asimismo, materiales de reciclaje como aglomerado y aglomerante.
7. El plan de capacitación está diseñado para desarrollarse por parte de la sección de Gestión de la Calidad de manera semestral, con los temas propuestos de uso y manejo de extintores, producción de desinfectantes, curso introductorio de la Norma ISO 17025:2005, dirigidos a estudiantes y al personal del Centro de Investigaciones de Ingeniería.



## RECOMENDACIONES

1. Las prácticas deben emplearse para trabajar con estudiantes de los cursos del Área de Producción de EMI, en la línea de producción de desinfectantes que estará gestionada por la sección de Gestión de la Calidad del Centro de Investigaciones de Ingeniería.
2. Utilizar las normas básicas de laboratorio en la línea de producción de desinfectantes y en el área de ensayos de la sección de Gestión de la Calidad.
3. La línea de producción de desinfectantes deberá ser utilizada por los estudiantes de la Facultad de Ingeniería que deseen realizar en sus actividades académicas un procedimiento de producción, toma de tiempos, diagramas de procesos, entre otros.
4. Es importante que se realicen planes de reciclaje en la sección de Gestión de la Calidad, procesos de producción más limpia, con materiales posconsumo para que sean reutilizados.
5. Realizar capacitaciones constantes al personal del Centro de Investigaciones en el tema de acreditación de ensayos de laboratorio.




## BIBLIOGRAFÍA

1. Fundamentos teóricos para la implementación de la didáctica en el proceso enseñanza-aprendizaje. *Didáctica*. [en línea]. <<http://www.eumed.net/libros/2008b/395/indice.htm>>. [Consulta: 27 de noviembre de 2014].
2. GARCÍA CRIOLLO, Roberto. *Estudio del trabajo, ingeniería de métodos y medición del trabajo*. 2a ed. México: McGraw-Hill. 2005. 459 p.
3. GUTIÉRREZ PULIDO, Humberto. *Calidad total y productividad*. 3a ed. México: McGraw-Hill. 2010. 383 p.
4. MOLINA JIMÉNEZ, Juan Carlos. *Guía para las prácticas de laboratorio del curso Prácticas Iniciales para las carreras de Ingeniería Industrial e Ingeniería Mecánica Industrial*. Trabajo de graduación de Ing. Industrial, Facultad de Ingeniería, Universidad de San Carlos de Guatemala, 2012. 78 p.
5. MARTÍNEZ OLIVEROS, Marvin Joel. *Estrategias de mercadotecnia para el lanzamiento al mercado de productos de limpieza, elaborados por el Centro de Investigaciones de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala*. Trabajo de graduación de Ing. Industrial, Facultad de Ingeniería, Universidad de San Carlos de Guatemala, 2013. 195 p.


6. NIEBEL, Benjamín W; FREIVALDS, Andris. *Ingeniería industrial, métodos, estándares y diseño del trabajo*. 11a ed. México, Alfaomega, 2004. 752 p.
7. Plan de capacitación. *Modelo de un plan de capacitación y desarrollo del recurso humano*. [en línea]. <<http://www.eoi.es/blogs/mintecon/2013/05/14/modelo-de-un-plan-de-capacitacion-2/>>. [Consulta: 20 de abril de 2015].
8. *Sistema nacional de información ambiental*. [en línea]. <<http://www.sinia.cl/1292/w3-propertyvalue-15486.html>> [Consulta: 1 de abril de 2015].
9. TORRES, Sergio. *Ingeniería de plantas*. 3a ed. Guatemala Imprenta Universitaria, 2008. 178 p.
10. \_\_\_\_\_. *Control de la producción*. 3a ed. Guatemala Editorial cc Dapal, 2013. 209 p.

# APÉNDICES

## Apéndice 1. Entrevista realizada al jefe de la Sección de Gestión de la Calidad del Centro de Investigaciones de Ingeniería, USAC



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
CENTRO DE INVESTIGACIONES DE INGENIERÍA  
SECCIÓN DE GESTIÓN DE LA CALIDAD



**ENTREVISTA**

Fase de Docencia en el desarrollo del Plan de capacitación de la Sección de Gestión de la Calidad del Centro de Investigaciones de Ingeniería.

Puesto: Jefe de Sección de Gestión de la Calidad, CII/USAC.

1. ¿Cómo es su función como capacitador en el Centro de Investigaciones?

- Las Capacitaciones son atribuciones que le colocan en el nombramiento de cada semestre.
- Encargado del plan de capacitación.

2. ¿Cuáles son los temas que se imparten en las capacitaciones por parte de la sección a la que pertenece?

- Acreditación de laboratorios
- Producción artesanal de desinfectantes a estudiantes de prácticas iniciales
- Temas relacionados con el área de Calidad

3. ¿Cómo es la forma de financiamiento para las capacitaciones?

- Con Profesionales Internacionales con el apoyo de SIECA.
- Eventualmente el CII

Continuación de apéndice 1.

4. ¿Qué otras áreas del centro de investigaciones imparten capacitaciones al personal?



- Suebs : Diplomados
- LIEX VE : Extracción de vegetales
- Tecnología de la madera

5. ¿Qué resultados se esperan lograr con las capacitaciones que se imparten?


- Acreditación de ensayos de Laboratorio del CII
- Personal del CII capacitado

6. ¿Qué tema se trabaja actualmente en las capacitaciones?

- Norma ISO 17025 : 2005  
Son 15 Incisos de la Norma

Firma del Entrevistado:  



Ing. Oswin Antonio Melgar

Firma del Entrevistador: 

Epesista Ronald Torres Ramirez

Fuente: elaboración propia.

Apéndice 2. **Listado de registro de ingreso al laboratorio de la sección de Gestión de la Calidad**

|  UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA<br>CENTRO DE INVESTIGACIONES DE INGENIERÍA<br>SECCION DE GESTION DE LA CALIDAD  |        |       |                 |       |                   |                  |                   |       |
|---|--------|-------|-----------------|-------|-------------------|------------------|-------------------|-------|
| REGISTRO DE INGRESO AL LABORATORIO, SECCIÓN DE GESTIÓN DE LA CALIDAD.   |        |       |                 |       |                   |                  |                   |       |
| NO.   | NOMBRE | CARNÉ | RAZÓN DE VISITA | FECHA | HORARIO DE VISITA | EQUIPO UTILIZADO | LIMPIEZA ÁREA/MAQ | FIRMA |
| 1   |        |       |                 |       |                   |                  |                   |       |
| 2   |        |       |                 |       |                   |                  |                   |       |
| 3   |        |       |                 |       |                   |                  |                   |       |
| 4   |        |       |                 |       |                   |                  |                   |       |
| 5   |        |       |                 |       |                   |                  |                   |       |
| 6   |        |       |                 |       |                   |                  |                   |       |
| 7   |        |       |                 |       |                   |                  |                   |       |
| 8   |        |       |                 |       |                   |                  |                   |       |
| 9   |        |       |                 |       |                   |                  |                   |       |
| 10  |        |       |                 |       |                   |                  |                   |       |
| 11  |        |       |                 |       |                   |                  |                   |       |
| 12  |        |       |                 |       |                   |                  |                   |       |

Fuente: elaboración propia.

Apéndice 3. **Fase docencia, capacitación impartida a estudiantes del área de producción**




Fuente: elaboración propia, fotografía en el edificio T-3, Facultad de Ingeniería, USAC.



## ANEXOS

### Anexo 1. Procedimiento para la elaboración de desinfectantes de forma artesanal

|    | <b>UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA</b><br><b>FACULTAD DE INGENIERÍA</b><br><b>CENTRO DE INVESTIGACIONES DE INGENIERÍA</b><br><b>SECCIÓN DE GESTIÓN DE LA CALIDAD</b><br><b>PROCEDIMIENTO PARA ELABORACIÓN DE DESINFECTANTE</b> |  |                               |               |       |       |                 |            |      |       |  |                      |        |       |  |                    |      |      |  |                |      |       |  |               |  |             |                               |       |      |       |  |      |  |  |                  |
|---|---|---|-------------------------------|---------------|-------|-------|-----------------|------------|------|-------|--|----------------------|--------|-------|--|--------------------|------|------|--|----------------|------|-------|--|---------------|--|-------------|-------------------------------|-------|------|-------|--|------|--|--|------------------|
| <b>LIMPIADOR DESINFECTANTE PARA PISOS F2</b>  |   |   |                               |               |       |       |                 |            |      |       |  |                      |        |       |  |                    |      |      |  |                |      |       |  |               |  |             |                               |       |      |       |  |      |  |  |                  |
| <b>Materiales y equipo</b>  |   |   |                               |               |       |       |                 |            |      |       |  |                      |        |       |  |                    |      |      |  |                |      |       |  |               |  |             |                               |       |      |       |  |      |  |  |                  |
| <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Beaker de polipropileno de 1000 ml de capacidad</li> <li>2. Probeta de polipropileno de 100 ml de capacidad</li> <li>3. Beaker de polipropileno de 100 ml de capacidad</li> <li>4. Pipeta serológica de 5 ml con el respectivo llenador universal.</li> <li>5. Agitador de vidrio de 6 x 250 ml</li> <li>6. Paleta de Madera</li> <li>7. Embudo plástico</li> <li>8. Colador plástico</li> <li>9. Secador de toalla</li> <li>10. Envase plástico de 1 galón de capacidad.</li> <li>11. Guantes plásticos</li> </ol>   |   |   |                               |               |       |       |                 |            |      |       |  |                      |        |       |  |                    |      |      |  |                |      |       |  |               |  |             |                               |       |      |       |  |      |  |  |                  |
| <b>LIMPIADOR DE SINFECTANTE PARA PISOS F2</b>   |   |   |                               |               |       |       |                 |            |      |       |  |                      |        |       |  |                    |      |      |  |                |      |       |  |               |  |             |                               |       |      |       |  |      |  |  |                  |
| <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="width: 30%;">Materia prima</th> <th style="width: 15%;">Litro</th> <th style="width: 15%;">Galón</th> <th style="width: 40%;">Cantidad Medida</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Nonilfenol</td> <td>6 mL</td> <td>25 mL</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Alcohol Isopropílico</td> <td>2.5 mL</td> <td>10 mL</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Amonio Cuaternario</td> <td>1 mL</td> <td>4 mL</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Propilenglicol</td> <td>3 mL</td> <td>12 mL</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Color Vegetal</td> <td></td> <td>20 mL puros</td> <td>Ajustar con agua hasta 100 mL</td> </tr> <tr> <td>Aroma</td> <td>7 mL</td> <td>25 mL</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Agua</td> <td></td> <td></td> <td>Ajustar el galón</td> </tr> </tbody> </table> |   |   |                               | Materia prima | Litro | Galón | Cantidad Medida | Nonilfenol | 6 mL | 25 mL |  | Alcohol Isopropílico | 2.5 mL | 10 mL |  | Amonio Cuaternario | 1 mL | 4 mL |  | Propilenglicol | 3 mL | 12 mL |  | Color Vegetal |  | 20 mL puros | Ajustar con agua hasta 100 mL | Aroma | 7 mL | 25 mL |  | Agua |  |  | Ajustar el galón |
| Materia prima   | Litro   | Galón   | Cantidad Medida               |               |       |       |                 |            |      |       |  |                      |        |       |  |                    |      |      |  |                |      |       |  |               |  |             |                               |       |      |       |  |      |  |  |                  |
| Nonilfenol  | 6 mL  | 25 mL   |                               |               |       |       |                 |            |      |       |  |                      |        |       |  |                    |      |      |  |                |      |       |  |               |  |             |                               |       |      |       |  |      |  |  |                  |
| Alcohol Isopropílico  | 2.5 mL  | 10 mL   |                               |               |       |       |                 |            |      |       |  |                      |        |       |  |                    |      |      |  |                |      |       |  |               |  |             |                               |       |      |       |  |      |  |  |                  |
| Amonio Cuaternario  | 1 mL  | 4 mL  |                               |               |       |       |                 |            |      |       |  |                      |        |       |  |                    |      |      |  |                |      |       |  |               |  |             |                               |       |      |       |  |      |  |  |                  |
| Propilenglicol  | 3 mL  | 12 mL   |                               |               |       |       |                 |            |      |       |  |                      |        |       |  |                    |      |      |  |                |      |       |  |               |  |             |                               |       |      |       |  |      |  |  |                  |
| Color Vegetal   |   | 20 mL puros   | Ajustar con agua hasta 100 mL |               |       |       |                 |            |      |       |  |                      |        |       |  |                    |      |      |  |                |      |       |  |               |  |             |                               |       |      |       |  |      |  |  |                  |
| Aroma   | 7 mL  | 25 mL   |                               |               |       |       |                 |            |      |       |  |                      |        |       |  |                    |      |      |  |                |      |       |  |               |  |             |                               |       |      |       |  |      |  |  |                  |
| Agua  |   |   | Ajustar el galón              |               |       |       |                 |            |      |       |  |                      |        |       |  |                    |      |      |  |                |      |       |  |               |  |             |                               |       |      |       |  |      |  |  |                  |

Continuación anexo 1.



| Descripción del Proceso  | Responsable |
|--|-------------|
| 1. Se etiquetan temporalmente diferentes recipientes plásticos, con los nombres de la materia prima.   |             |
| 2. En probeta de polipropileno, o en beacker de 100 mL o 1,000 mL, se realizan las mediciones individuales de los siguientes ingredientes: Nonilfenol, Alcohol Isopropílico, Amonio Cuaternario, Propilenglicol, aroma, colorante vegetal. |             |
| 3. Los reactivos anteriores se depositan en recipientes etiquetados. Son colocados en el mismo orden en que fueron medidos.  |             |

| Descripción del Proceso  | Responsable |
|--|-------------|
| 1. El Nonilfenol es depositado en el recipiente de preparación.  |             |
| 2. Al recipiente anterior se incorpora el Alcohol Isopropílico.  |             |
| 3. La mezcla es agitada mediante la paleta de madera.  |             |
| 4. El Amonio Cuaternario es depositado en el recipiente de preparación.  |             |
| 5. La mezcla es agitada mediante la paleta de madera.  |             |
| 6. El propilenglicol y aroma son agregados en un recipiente diferente.   |             |
| 7. Esta mezcla también debe ser agitada mediante una varilla de agitación.   |             |
| 8. La mezcla anterior se añade al recipiente de preparación.   |             |
| 9. Las dos mezclas son agitadas mediante la paleta de madera.  |             |
| 10. Se añade el agua medida al recipiente de preparación.  |             |
| 11. Se mezcla mediante agitación mediante la paleta de madera.   |             |
| 12. Se añade el colorante vegetal.   |             |
| 13. Se mezcla mediante agitación mediante la paleta de madera.   |             |
| 14. La mezcla final se agrega al recipiente del producto final, utilizando un colador y embudo como control de calidad. Se debe tener cuidado de introducir el desinfectante lentamente, para no producir gran cantidad de espuma. |             |
| 15. Se coloca la tapadera y etiqueta del producto final.   |             |

Fuente: sección de Gestión de la Calidad.

Anexo 2. **Procedimiento para la elaboración de jabón líquido de manos de forma artesanal**

|   |  |   |
|---|--|---|
|  | <b>UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA</b><br><b>FACULTAD DE INGENIERÍA</b><br><b>CENTRO DE INVESTIGACIONES DE INGENIERÍA</b><br><b>SECCION DE GESTION DE LA CALIDAD</b><br><b>PROCEDIMIENTO DE ELABORACIÓN DE</b><br><b>JABON PARA MANOS</b><br><b>MARZO DE 2012</b> |  |
|---|--|---|

**DESCRIPCIÓN DEL PROCESO PRODUCTIVO**

**Materiales y equipo**

1. Beacker de polipropileno de 1000 ml de capacidad
2. Probeta de polipropileno de 100 ml de capacidad
3. Beacker de polipropileno de 100 ml de capacidad
4. Pipeta serológica de 5 ml con el respectivo llenador universal.
5. Balanza Analítica
6. Agitador de vidrio de 6 x 250 ml
7. Embudo plástico
8. Colador plástico
9. Secador de toalla
10. Envase plástico de 1 galón de capacidad.
11. Paleta de madera para agitación
12. Guantes plásticos
13. Lentes de seguridad
14. Bata de laboratorio

| JABON PARA MANOS | LITRO                         | GALON | 3 GALONES |
|------------------|-------------------------------|-------|-----------|
| Texapon          | 84 g                          | 333 g | 1000 g    |
| Dietanolamina    | 12.5ml                        | 50 ml | 150 ml    |
| Cloruro de Sodio | 37.5 g                        | 150 g | 450 g     |
| Propilparaben    | 0.25 gr                       | 1 gr  | 3 gr      |
| Metil Parabén    | 3 g                           | 2 g   | 6 g       |
| Glicerina        | 5 ml                          | 20 ml | 60 ml     |
| Agua             | Ajustar la cantidad necesaria |       |           |
| Fragancia        | 3.5 ml                        | 14 ml | 42 ml     |

Fuente: sección de Gestión de la Calidad, CII/USAC.

Continuación anexo 2.

| <b>Técnica Operativa</b>   |                  |
|--|------------------|
| <b>Descripción de la Operación</b>   | <b>Realizado</b> |
| 1. En una Balanza Analítica se realizan todas las mediciones, individualmente, de Cloruro de Sodio, metilparabén y propilparabén   |                  |
| 2. En el recipiente de preparación se agrega la cantidad de Texapón y la dietanolamina, y se mezclan.  |                  |
| 3. Se adiciona el Cloruro de Sodio; mezclándolos con una paleta de madera.   |                  |
| 4. A la mezcla anterior se agrega lentamente una pequeña cantidad de agua mientras se agita con la paleta de mezclado para homogenizar.  |                  |
| 5. En el beacker de 100 mL se agrega el el metilparabén y propilparabén con un poco de agua mezclando con el agitador de vidrio.   |                  |
| 6. En la probeta de polipropileno se mide la cantidad especificada de Glicerina.   |                  |
| 7. Se adiciona la cantidad especificada de Glicerina en el recipiente de preparación, y se continúa agitando la mezcla.  |                  |
| 8. En el Beacker de 100 ml se agrega la cantidad indicada de aroma, se agrega a la mezcla y se combinan mediante agitación.  |                  |
| 9. Se sigue agregando agua poco a poco, mezclando uniformemente hasta homogeneizar. Así se prosigue hasta alcanzar el nivel deseado.   |                  |
| 10. Se agrega la cantidad específica de colorante vegetal hasta obtener un color uniforme con la mezcla.   |                  |
| 11. La mezcla obtenida es agregada al envase de galón (cubeta) utilizando el embudo y el colador como control de calidad.. El resultado será un ligero enturbiamiento del preparado. |                  |
| 12. El envase lleno con la mezcla de jabón para manos debe secarse del exceso de humedad, con el secador de toalla   |                  |
| 13. Se procede a colocar la tapa del envase.   |                  |
| 14. Se procede a etiquetar el envase, el cual ya está listo para su posterior utilización  |                  |

Fuente: sección de Gestión de la Calidad, CII/USAC.